

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET**

ZVONIMIR MIHALJEK

**Razlika u kvaliteti ispisa kod ink-jet
pisača pri uporabi originalnih i
zamjenskih tinti**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

Zvonimir Mihaljek

Razlika u kvaliteti ispisa kod ink-jet pisača pri uporabi originalnih i zamjenskih tinti

DIPLOMSKI RAD

Mentor: dr.sc. Miroslav Mikota

Student:
Zvonimir Mihaljek

Zagreb, 2015

Sažetak

U ovom radu su analizirane kvalitete ispisa pri upotrebi tinti propisanih od strane proizvođača i upotrebi tinte koja se može naći u ostalim trgovinama, a nisu propisane od strane proizvođača. Također opisane su karakteristike pisača na kojem je provedeno ispitivanje, te mogući alternativni načini uporabe zamjenskih tinti. Kao zaključak, razmotrene su prednosti i mane tinti u pogledu kvalitete, kvantitete, cijene i praktičnosti uporabe. Još od sredine 20tog stoljeća, ink-jet tehnologija se razvijala u dva pravca. Jedan smjer je bio razvijanje profesionalnih ink-jet sustava a drugi je bio namjenjen kućnoj odnosno uredskoj upotrebi. Pored svih razvoja i poboljšanja ink-jet tehnologije danas na tržištu se nalazi velik broj proizvođača a samim time i modela pisača. Iako je kvaliteta samih pisača u smislu brzine ispisa, konstrukcija pisačkih glava i svih dodatnih funkcija pisača danas na vrlo visokom nivou, jedna stvar je ostala gotovo nepromijenjena. Rječ je dakako o tintama. U ovom radu razrađena je tematika i problematika današnjih ink-jet pisača prvenstveno u smislu tinti koje se koriste, što je tintama zajedničko a što različito? Piše se i o cijeni koja je od samih začetaka tehnologije bila na udaru mnogih kritika korisnika, te koje su se alternative javile u međuvremenu te da li su te alternative jednako kvalitetne ili možda čak kvalitetnije od onih propisanih od strane proizvođača.

Ključne riječi: ink-jet, piezo, bubble-jet, tinta

Abstract

This paper deals with analysing the quality of prints when using original, manufacturer recommended, inks and bulk inks obtained through other channels. Characteristics of the printer used in this paper is also described as are alternative ways of using bulk ink. Conclusion of this paper is faced towards analysing pros and cons of inks regarding the quality, quantity, price and practicality of use. Since the start of the 20th century, ink-jet technology has developed in two ways. One being the development of professional and industrial ink-jet printing systems and the other has been the development of ink-jet technology aimed towards home and office use. In spite all advances in ink-jet technology on the market today, inks have stayed practically the same. This paper has elaborated the problem of inks today, answers the questions like what is similar to them and what is different? Price of the inks is also debated which has been the target of many critics since the early starts of ink-jet technology. This paper has also taken into account the few alternatives that have developed in ink-jet technology that are aimed to lower the price and keep the quality the same, if not better.

Keywords: ink-jet, piezo, bubble-jet, ink

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORETSKI DIO	2
2.1. Bubble jet pisači (glave)	2
2.2. Piezo pisači	3
2.3. Općenite karakteristike ink-jet tinti.....	4
2.4. Karakteristike ink-jet tinti namjenjenih termalnim glavama	6
2.5. Karakteristike ink-jet tinti namijenjenih piezo glavama.....	6
2.6. Karakteristike tinti ovisno o disperznom sustavu	7
2.7. Originalne tinte	7
2.8. Zamjenske tinte	8
2.9. Ubrzano starenje	9
3. EKSPERIMENTALNI DIO	11
3.1 Korištene tinte.....	11
3.2 Test ubranog starenja.....	12
3.3 Kolorimetrijska mjerenja	13
3.4 Anketa	15
4. REZULTATI I RASPRAVA	22
4.1 Kolorimetrijska mjerenja	23
4.2 Rezultati ankete.....	33
4.2.1 Fotografija neutralnih tonova.....	33
4.2.2 Fotografija svijetlih tonova.....	36
4.2.3 Fotografija visoko saturiranih boja	39
4.2.4 Fotografija širokog dinamičkog raspona	42
4.2.5 Crno bijela fotografija	46
4.3 Rasprava rezultata ankete.....	49
5. ZAKLJUČAK	50
6. LITERATURA.....	51

1. UVOD

Još od sredine 20. stoljeća, ink-jet tehnologija se razvijala u dva pravca. Jedan smjer je bio razvijanje profesionalnih ink-jet sustava, a drugi je bio namjenjen kućnoj odnosno uredskoj upotrebi. Pored svih razvoja i poboljšanja, ink-jet tehnologije danas se na tržištu nalazi velik broj proizvođača a samim time i modela printera.

Iako je kvaliteta samih pisača u smislu brzine ispisa, konstrukcija pisačkih glava i svih dodatnih funkcija danas na vrlo visokom nivou, jedna stvar je ostala gotovo nepromijenjena. Riječ je dakako o tintama.

U ovom se radu stoga razrađuje tematika i problematika današnjih ink-jet pisača prvenstveno u smislu tinti koje se koriste, što je tintama zajedničko a što različito? Govori se i o cijeni koja je od samih začetaka tehnologije bila na udaru mnogih kritika. U eksperimentalnom dijelu razlike u kvaliteti ispisa će biti izmjerene objektivno i subjektivno. Objektivna razlika će biti definirana kroz kolorimetrijska mjerenja pomoću spektrofotometra. Objašnjeni su i matematički postupci uspoređivanja i definiranja razlike među tintama nakon ispisa. Ukratko je navedena i povijest uspoređivanja boja i kako je razvijana formula za uspoređivanje boja CIE 2000. Na poslijetku objektivnog mjerenja su podaci dobiveni spektrofotometrom i sami uspoređeni i implementirani kroz matematički model CIE 2000. U sklopu subjektivnog ispitivanja ispisa, implementirana je anketa koja subjekte, koji većinom nisu u grafičkoj struci, ispituje o njihovoj vlastitoj percepciji ispisa i kako oni osobno doživljavaju razlike među samim ispisima i prikazu na zaslonu računala. Anketa ima zadaću, na određenom broju osoba, prikazati jesu li kolorimetrijska mjerenja konzistentna sa subjektivnom percepcijom kada je riječ u ispitivanju kućnih ink-jet ispisa. U radu nije samo ispitana razlika među ispisima nego su ispitane svjetlostalnost i otpornost ispisa na izloženost atmosferilijama i vremenu. Svjetlostalnost i otpornost ispisa su ispitani pomoću eksperimenta ubrzanog starenja koji implementira specijalnu komoru za tu zadaću. Uzorci su definirano vrijeme proveli u uvjetima koji simuliraju nekoliko desetaka puta umnoženu brzinu starenja. Eksperiment ubrzanog starenja je tako poslužio kao dodatni mehanizam za detaljnije kolorimetrijsko ispitivanje uzoraka kako bi se što jasnije dobila informacija o razlici između zamjenskih i originalnih tinti.

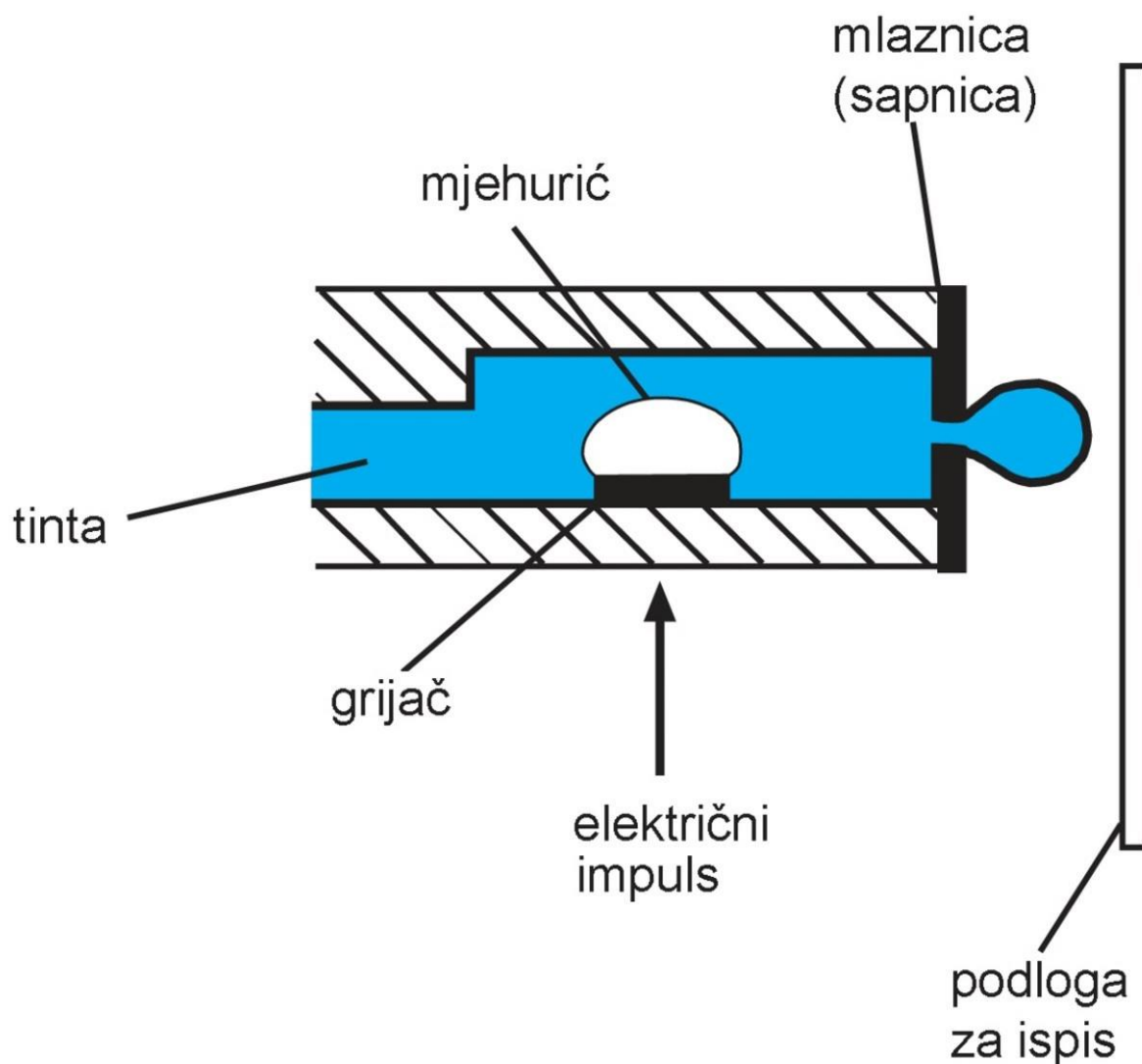
2. TEORETSKI DIO

Danas se na tržištu u području kućne i uredske opreme uglavnom nalaze dvije vrste ink-jet pisača. Riječ je o termalnim odnosno bubble jet i piezo printerima. Nazivi tehnologija koju printeri koriste se odnose prvenstveno na princip rada pisače glave. U ovom dijelu neće biti objašnjene i druge vrste ink-jet tehnika jer su one većinom rezervirane za industrijske i profesionalne upotrebe i to ne u području fotografije, nego tiska.

2.1. Bubble jet pisači (glave)

Bubble jet pisači pripadaju skupini pisača zvanj DoD (drop on demand, kap na zahtjev). Bubble jet je razvio Canon-ov inženjer Ichiro Endo 1977. godine. Princip rada bubble jet ispisa je ta da spremnici sadrže grupu sitnih komora od kojih svaka sadrži grijač od izrađen u procesu fotolitografije. Na taj način tinta koja ulazi u komoru ispred mlaznica se uz pomoć grijača zagrijava te u vrlo kratkom roku dolazi do vrenja tinte i stvaranja mjehurića što uzrokuje naglo povećanje tlaka i istiskivanje tinte kroz mlaznice glave.(slika 1) Uslijed površinske napetosti tinte, kao i kondenzacije pa tako i smanjenja mjehurića, tlak pada i uvlači novu tintu iz spremnika. Tinte u ovom slučaju moraju biti otporne na povećanje temperature, ne smiju ispariti ili se osušiti uslijed povećanja temperature jer bi na taj način došlo do blokade samih mlaznica. Budući da nisu potrebni specijalni materijali i postupci izrade, ovakav princip rada je generalno jeftiniji za proizvesti od ostalih ink-jet tehnologija. Bez obzira na to koliko su današnje tinte kvalitetne sušenje tinte u mlaznicama je jedan relativno veliki problem pogotovo kod printera koji koriste fiksnu glavu. Nerijetko se događa problem trajnog sušenja tinte u mlaznicama, pogotovo prilikom rijetke uporabe printera. [1]

Kao rješenje za taj problem, proizvođači poput Canona su koncipirali određene modele svojih printera na način da kada se mijenja potrošena tinta, mijenja se i čitava glava. Drugim riječima, glava je montirana na spremnik s tintom. Time se ograničava radni vijek glave za printanje te se smanjuje mogućnost da će se kroz neko duže vrijeme tinta osušiti u mlaznicama glave.

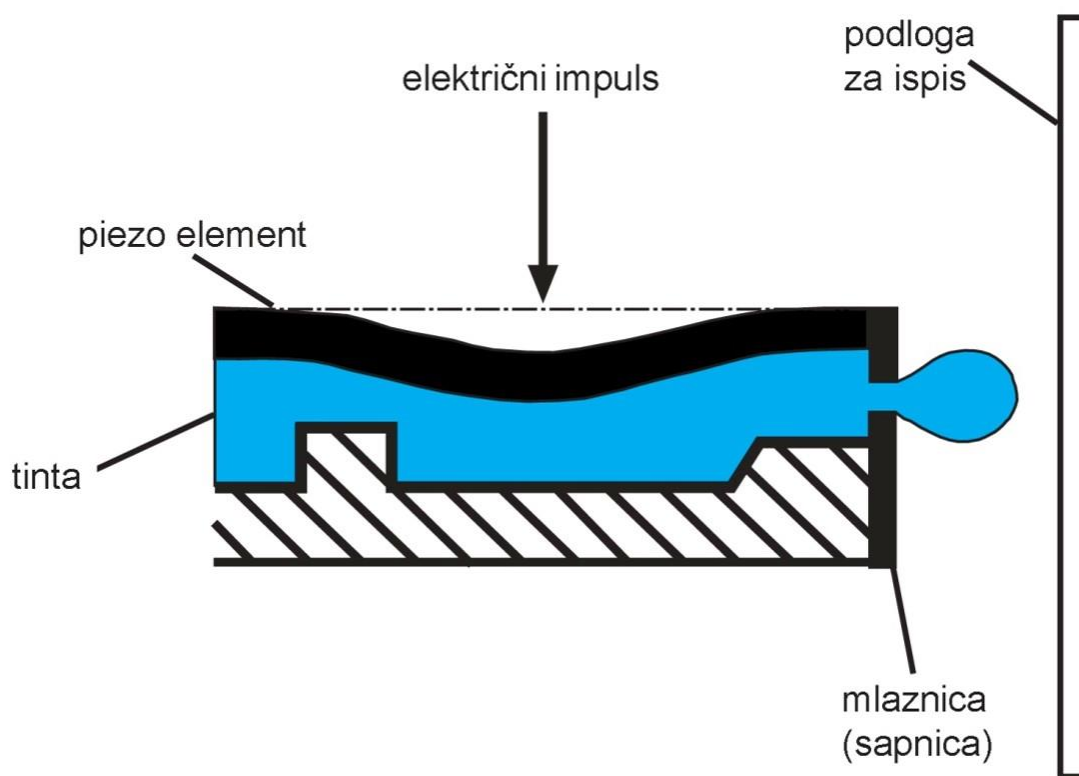


Slika 1: Skica principa rada bubble jet pisače glave

2.2. Piezo pisači

Koncept istiskivanja tinte pomoću povećanja tlaka kroz mlaznice je gotovo jednak kod piezo i bubble jet glave. Jedina razlika je način na koji piezo glava podiže tlak u komori. Sam naziv piezo glave govori o tome da se koristi piezo element. Kada je piezo element pod naponom, on mijenja svoj oblik te samim time smanjuje volumen u komori što rezultira povećanjem tlaka. (slika 2) Može se reći da piezo glava koristi čistu mehaničku kretnju za istiskivanje tinte kroz mlaznice. Budući da se kod piezo glave ne koristi povećanje temperature za istiskivanje tinte kroz mlaznice, paleta tinti je puno šira nego kod bubble jet glave jer se ne mora paziti na otpornost tinte na

povećanje temperature. Nadalje eliminiran je problem sušenja tinte u mlaznicama. Jedina negativna strana je kompliciraniji način proizvodnje takvih glava a samim time i viša cijena glave. Zbog toga piezo printeri gotovo u svim slučajevima koriste fiksnu glavu koja je dio printera, a korisnik mijenja samo spremnike s tintom. [1]



Slika 2: Skica principa rada piezo pisače glave

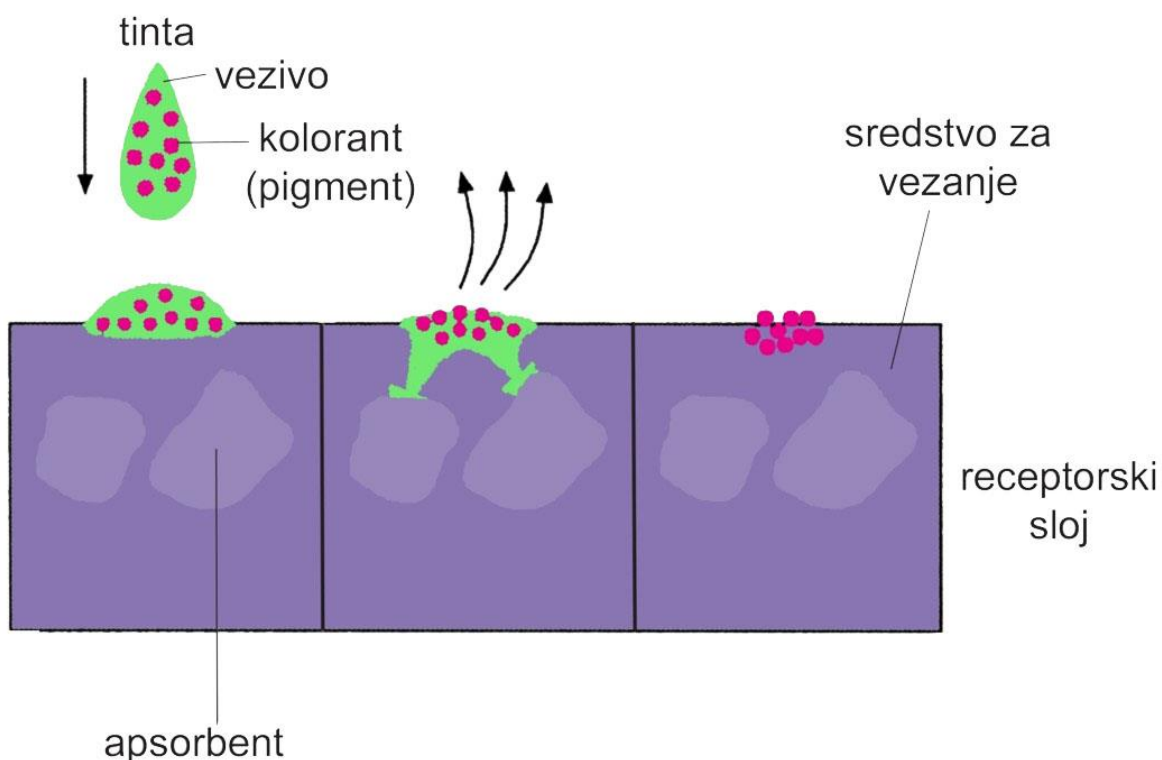
2.3. Općenite karakteristike ink-jet tinti

Ovisno o tome koja ink-jet tehnika se koristi (bubble ili piezo) tinte moraju zadovoljavati određene parametre kako bi ispis bio kvalitetan. Budući da se kod ink-jet tehnike tinta istiskuje kroz vrlo sitne mlaznice čiji se promjer mjeri u mikrometrima, logično je da tinte moraju biti izuzetno viskozne. Ako tinta nema odgovarajuću viskoznost, riskira se njeno slabo prolaženje kroz mlaznice a samim time i oštećivanje glave koje najčešće rezultira sušenjem tinte u mlaznici. Kod ink-jet tehnike tinte mogu biti na bazi vode, otapala, ulja, a mogu biti i UV sušive. Ovdje su navedene sve četiri moguće varijante tinte koje se koriste općenito u svijetu ink-jet ispisa. Zbog tematike

ovog rada, težište će biti na prve dvije vrste tinti, a to su one na bazi vode i otapala jer se one najviše koriste kod kućnih i uredskih pisača. [2]

Zbog toga što su tinte za ink-jet vrlo rijetke, one automatski imaju širu primjenu kada se govori o podlozi za ispis. Na tržištu danas postoji čitav niz materijala i papira koji daju vrhunske rezultate ispisa poput papira sa sjajnim premazima koje je nezamislivo koristiti kod npr. laserskih pisača.

Općenito papire za ink-jet ispis fotografija karakterizira odgovarajući nanos receptorskog sloja koji u kombinaciji s odgovarajućom tintom daje ispis visoke kvalitete po pitanju reprodukcije tonova i boja ali i svjetlostalnosti.[3] Receptorski sloj ima zadaću smanjiti deformaciju pojedine kapljice tinte na način da kontrolira penetraciju tinte u papir. (slika 3) Za razliku od običnog uredskog papira gdje se kapljice na nepredvidiv način deformiraju upravo uslijed nekontroliranog upijanja tinte u podlogu. Deformacija kapljica na površini papira je najočitija u pogledu oštrote ispisa.



Slika 3: Shema djelovanja receptorskog sloja na kapljicu tinte

2.4. Karakteristike ink-jet tinti namjenjenih termalnim glavama

Kao što samo ime govori, tinte za termalne tj. bubble ink-jet pisače moraju biti termostabilne. To znači da takve tinte ne smiju brzo hlapiti jer bi se u protivnosti kod povećanja temperature osušile i prije nego što kapljice tinte izađu kroz mlaznice glave. Također ne smiju mijenjati niti svoja kvalitativna svojstva u smislu izdašnosti i kvalitete reprodukcije uslijed povećanja temperature. Budući da ove tinte ne hlape brzo, one se suše penetracijom u podlogu (papir) i djelomice hlapljenjem jer ovisno o proizvođaču neke tinte pored vode mogu sadržavati i hlapljiva otapala. Ove tinte uvelike ovise o podlozi (papiru) na koji se ispisa. [4] Ako se radi o vrlo upojnom papiru ili klasičnom uredskom papiru, ispis u većini slučajeva nije dovoljno oštar zbog toga što dolazi do deformacije kapljica uslijed prodiranja u papir. Takav papir će biti adekvatan u većini slučajeva za tekst i jednostavne grafičke prikaze. Za ispise više kvalitete kakva se zahtjeva kod ispisa fotografije, treba koristiti premazani fotopapir koji ima poseban receptorski sloj koji prihvaća tintu na samu površinu tako da se smanji što je više moguće penetracija u podlogu. Zbog toga ovakvi papiri daju izuzetno oštre ispise jer ne dolazi do deformacije kapljice.

2.5. Karakteristike ink-jet tinti namijenjenih piezo glavama

Kao što je ranije navedeno, ove tinte ne moraju imati izražena i stabilna fizikalna svojstva jer se prilikom ispisa na njih djeluje samo mehaničkom silom koju stvara piezo element. Takav sticaj okolnosti omogućava primjenu veće koncentracije otapala u tinti što automatski povlači i smanjenje problema koji se javlja kod tinti namijenjenih termalnim glavama. [4] Osim smanjenog, tako reći eliminiranog problema sušenja tinte u mlaznicama, ove tinte se suše prvenstveno hlapljenjem, a manje penetracijom u podlogu. Zbog toga će se nedvojbeno povećati kvaliteta ispisa na svim vrstama papira gdje će najveća razlika biti upravo kod visokoupojnog klasičnog uredskog papira. Za ispis fotografija se također koriste papiri oslojeni receptorskim slojem.

2.6. Karakteristike tinti ovisno o disperznom sustavu

Ink-jet tinte se djeli na one koje se temelje na kolorantima ili pigmentima. Pošto tinte za ink-jet trebaju biti vrlo niskog viskoziteta, postoje određene limitacije kod korištenja pigmentnih tinti stoga se u većini slučajeva koriste tinte na bazi koloranta. Razlog češćoj uporabi tinti na bazi koloranta (pogotovo kod termalnih glava) jest veći gamut ispisa i smanjena mogućnost sušenja tinte u mlaznicama. No, negativna strana tinti temeljenih na kolorantu je slaba svjetlostalnost i otpornost na vodu. Taj problem je danas djelomice riješen izradom kvalitetnih receptorskih slojeva na foto ink-jet papirima, no problemi sa svjetlostalnošću su prije bili toliko veliki da ispis nije mogao stajati dulje od šest mjeseci bez da se fotografija potpuno ne promijeni i u većini slučajeva izgubi magenta ton. [5]

Tinte temeljene na pigmentima imaju veću otpornost na atmosferilije i bolju pokritnost, no uporaba ovih tinti se većinom izbjegava zbog toga što su veće šanse da će se mlaznice začepiti, a pošto takve tinte funkcioniraju na način da otapalo služi isključivo kao prijenosnik pigmenta, ispis, ovisno o podlozi, nije dovoljno sjajan. Ponekad se javlja i problem izuzetno slabe otpornosti na otiranje. Ove tinte najbolje funkcioniraju na upojnim podlogama gdje će sam pigment prodrijeti u površinsku strukturu a neće ostati na površini.

2.7. Originalne tinte

Pod pojmom originalnih tinti podrazumijevaju se tinte koje su preporučene od strane proizvođača. Svi proizvođači ink-jet pisača garantiraju da će ispis njihovim printerima dati najbolje rezultate kada se koristi propisana tinta za određeni model. Takve tinte imaju kontrolirano podrijetlo, a spremnici u kojima se te tinte nalaze su vrlo kvalitetno izrađeni. Originalne tinte su najčešće proizvedene od strane nekog drugog proizvođača koji ima licencu proizvođača pisača. Zbog toga gotovo sve tinte najpoznatijih proizvođača pisača su vrlo slične i razlikuju se samo u spremnicima. Informacije o tome koja kompanija proizvodi tinte za koje proizvođače pisača je malo, no navodno njemačka kompanija OCP proizvodi tinte za Canon pisače. [5] Od početka komercijalne uporabe ink jet pisača cijena tinti je na velikom udaru kritika. Postoje čak i neke usporedbe da je originalna tinta za ink-jet pisače najskuplja tekućina na svijetu,

skuplja čak i od parfema. Razlog visokoj cijeni leži u tome što kada korisnik kupuje originalnu tintu, on ne kupuje samo tintu, nego i spremnik tinte, a nerijetko ako se radi o Canonu i HP-u kupuje tri stvari: tintu, spremnik i glavu. Takav način proizvodnje je vrlo skup, zahtijeva puno materijala koji se ne iskorištava u potpunosti poput spremnika. Količina tinte koja se nalazi u tim spremnicima ne prelazi 20 ml, a trajnost spremnika ne prelazi 300 ispisanih stranica ako je 20% površine prekriveno tintom. Profesionalni ink-jet sustavi već godinama koriste takozvane CISS sustave (continuous ink supply system) koji iskorištavaju velike spremnike s tintom spojenih s glavom pisača. U takvom slučaju korisnik kupuje velike količine tinte koje se nalaze u običnim plastičnim bocama.[5]

Po prvi puta u svijetu kućnih i uredskih ink-jet printera tvrtka Epson je odlučila napraviti CISS ink-jet printer. Inicijalna cijena printera je viša od dosadašnjih printera, no tinta koja se kupuje u bočicama od 70 ml je čak šest puta jeftinija od tinte koja objedinjuje spremnik, glavu i tintu. Takav način je vrlo pozitivan i rješava sve probleme sa cijenom ink jet pisača. Nadalje, ovaj način je vrlo ekološki jer je otpadni materijal sveden na minimum.

2.8. Zamjenske tinte

Zamjenske tinte su sve one tinte koje nisu prodane od strane proizvođača. Za takve tinte proizvođač ne garantira ispravan rad niti kvalitetan ispis. Ono što je vrlo popularno u svijetu uredskog i kućnog ispisa kod zamjenskih tinti je njihova cijena. Ona je višestruko jeftinija od originalne. Pošto se kod kuće i u uredu gotovo u većini slučajeva printa na običan upojni uredski papir, tada kvaliteta ispisa nije toliko bitna jer na takvom papiru je svaki ispis upitne kvalitete ako se govori o ispisu fotografije. Kod ispisa teksta i grafova zamjenske tinte su prosječnom korisniku više nego dovoljne.

Sa druge strane kod ispisa fotografija na visokokvalitetnom foto ink jet papiru zamjenske tinte pokazuju svoju nepouzdanost. To se dešava iz jednostavnog razloga što te tinte nemaju kontrolirano podrijetlo, drugim rječima ne zna se tko je proizvođač i naziva se kolokvijalnim terminom „bulk ink“ što se može prevesti kao tinta iz velikih zaliha. Naime, upravo zbog te nesigurnosti ponekad se može nabaviti i kvalitetnija zamjenska tinta. [5]

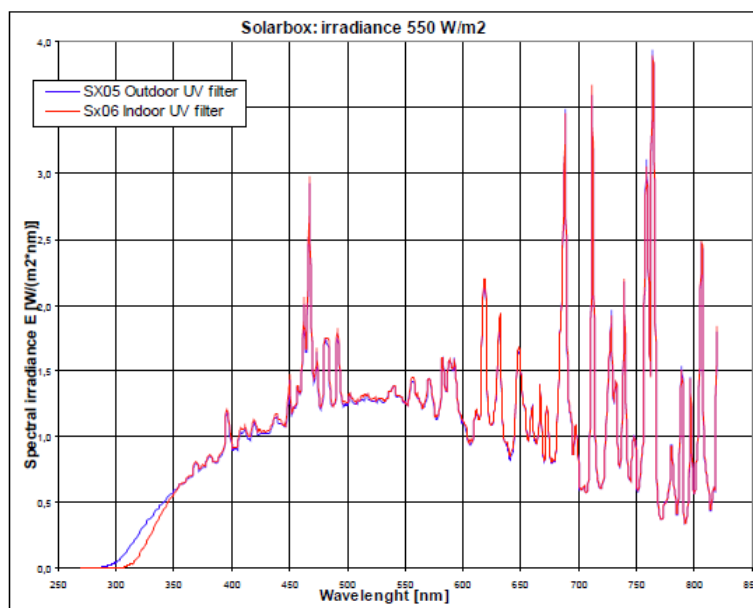
Određeni proizvođači printera stavljaju na svoje spremnike posebne čipove koji komuniciraju s printerom te se nakon potrošnje spremnika oni više ne mogu koristiti osim ako na tržištu ne postoji za konkretno određen model spremnika uređaj koji resetira čip. Time proizvođači pisača otežavaju neovlaštenu proizvodnju spremnika koji su nerijetko vrlo nekvalitetno proizvedeni na način da kada nisu u upotrebi propuštaju tintu i u većini slučajeva dovode do sušenja tinte u glavi ili prodiranja tinte u više različitih spremnika preko samih mlaznica glave što dovodi do prljanja i miješanja tinte drugom tintom. Valja biti oprezan ako se planira koristiti zamjenska tinta na pisaču s fiksnom glavom jer je promjena takve glave često skuplja od samog pisača.

Postoje i praktični problemi uporabe zamjenskih tinta. Primjerice kod odvojivih glava relativno je nespretno otvarati tvornički zatvorene spremnike i ručno nadolijevati tintu, u tom procesu treba biti pažljiv da tinta ne uđe u susjedni odjeljak jer time prljamo jednu tintu drugom i dobivamo netočan ispis. Zbog mogućnosti ručnog mjenjanja tinte, zamjenske tinte mogu djelovati i apstraktno jer se mogu dobiti zanimljivi rezultati prilikom ispisa fotografija kada bi se raspored tinti unutar glave zamijenio. Te su probleme određeni proizvođači koji proizvode opremu koja nije pod licencom riješili tako da su sami konstruirali CISS sustave za određene printere. Osim CISS sustava na tržištu su se pojavili i spremnici koji su praktični za uporabu jer se recikliraju puno lakše od originalnih. Ovdje je bitno naglasiti da uporaba ovakvih spremnika i CISS sustava poništavaju jamstvo proizvođača na pisač. [5]

2.9. Ubrzano starenje

Za potrebe ispitivanja trajnosti otisaka, u ovom radu se koristila Solarbox 1500e testna komora. Ova komora koristi ksenonsku žarulju kao izvor EM zračenja koje simulira prirodne vanjske uvjete. Proces ubrzanog starenja zahtijeva preciznu reprodukciju sunčevih zraka. Zrakom hlađena ksenonska žarulja u ovoj komori replicira ukupni spektar elektromagnetskog zračenja sunca, pritom se ne misli samo na UV zračenje koje se dobije korištenjem UVA ili UVB fluorescentnih lampi. (slika 4)

Lako izmjenjivi filteri omogućuju reprodukciju specifične spektralne distribucije koju nalazimo u određenim okruženjima. S time se omogućuje detaljno ispitivanje nekog uzorka proizvoda (u ovom slučaju ispisa) u okruženju za koje je predviđeno.



Slika 4: EM spektar ksenonske žarulje sa različitim filterima.

Postoje četiri glavna tipa filtera koji se mogu postaviti:

1. vapneno UV filter staklo za simulaciju vanjskih uvjeta,
2. vapneno UV filter staklo za simulaciju unutarnjih uvjeta,
3. vapneno UV filter staklo za simulaciju vanjskih uvjeta sa blokadom IR spektra i
4. vapneno UV filter staklo za simulaciju unutarnjih uvjeta sa blokadom IR spektra,

Kao peta opcija, proizvođač nudi izradu filtera po narudžbi, ovisno o specifičnosti primjene.

Pored samog repliciranja EM zračenja za potrebe ubranog starenja, komora Solarbox 1500e koristi i povišenu temperaturu. Temperatura ispitivanja se može podesiti između 35°C i 100°C, a služi kako bi se replicirali uvjeti IR zračenja sunca koje ima za posljedicu zagrijavanja uzorka odnosno proizvoda. Također, važnost temperature u ispitivanju uzoraka na otpornost pri određenim uvjetima je u tome što se kinetička brzina reakcije udvostručava sa svakih 10°C. Stoga je pored samog EM zračenja ksenonske žarulje temperatura prilikom testiranja jednako važan faktor za kontroliranje brzine starenja. [6]

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Za potrebe ispitivanja razlike u kvaliteti zamjenskih i originalnih tinti u ovom se radu koristi bubble jet ink-jet printer Canon MX395. Printer koristi dva spremnika s tintom, jedan koji sadrži crnu, a drugi koji sadrži tri zasebna spremnika s cijanom, magentom i žutom tintom. Maksimalna rezolucija ispisa ovog printera je 4800 dpi za kolor glavu i 1440dpi za crnu glavu. Zbog čega je ispitivanje provedeno na tri tinte bez crne. Naknadnom uporabom printera došlo je do spoznaje da se u crnom spremniku s tintom nalazi pigmentirana crna tinta koja ima mat odsjaj stoga ju je nemoguće koristiti na sjajnim ink-jet papirima. Takva tinta se kao što je ranije navedeno lako otire i nije sjajna. Zbog toga je proizvođač limitirao uporabu sjajnih papira isključivo s kolor glavom što znači da će u tom slučaju pisač simulirati crnu boju pomoću cijana, magente i žute. Međutim, ako se provodi ispis na upojni, uredski 80 gramski papir, tada pisač koristi i crnu tintu koja je bazirana na pigmentima jer se u tom slučaju pigmenti uspješno ugrađuju i upijaju u vlaknastu strukturu papira. [5]

3.1 Korištene tinte

U svrhu ovog rada korištene su tinte propisane od strane Canona - riječ je o spremnicima s montiranom glavom. PG-540 je spremnik s crnom tintom, a CL-541 je spremnik sa cijanom, magentom i žutom. Kao zamjenske tinte korištene su dvije vrste. Jedna je kupljena u dućanu tehničkom robom proizvedene su u Kini, a sastoje se od 3 bočice sa po 30 ml svake od tinti (CMY). Druga vrsta tinti je nabavljena preko interenta iz Amerike. Obje tinte nemaju poznato podrijetlo te se kolokvijalno nazivaju tintom na veliko. [5]

Kako bi se u potrošeni spremnik ulile nove tinte, nožem se otvara poklopac te se pažljivim ubrizgavanjem uz pomoć šprice stavlja potrebna količina tinti. Ovdje treba biti vrlo pažljiv osobito kod kolor spremnika jer može doći do prelijevanja tinti iz jednog međuspremnik u drugi. Ako dođe do prljanja jedne tinti drugom unutar spremnika, potrebno je izvaditi spužve koje osiguravaju da se tinta ne mučka i isprati ih toplom vodom. Nakon toga glavu treba dugotrajno isprati vodom te ispisati nekoliko stranica sa novom tintom da se ispere sva zaostala tinta. [5]

Za kraj testiranja izveden je eksperiment u kojem se u kolor glavu stavila crna tinta naručena putem interneta. Tom radnjom se printer „prevorio“ te printao crno/bijeli ispis uz pomoć kolor glave. Ovime će se pokušati prikazati prava razlika i problem manjka crne tinte u ink-jet ispisu.

3.2 Test ubrzanog starenja

Trajnost otisaka zamjenskih i originalnih ink-jet tinti je ispitana korištenjem komore za ubrzano starenje Solarbox 1500e čije su karakteristike opisane u Teoretskom dijelu. Testni uzorci na sebi imaju ispisano 7 primarnih boja u kvadratnim uzorcima. Važno je naglasiti da je crna boja zbog limitacije printera dobivena mješanjem cijana, magente i žute. Papir na kojem se vršio ispis je sjajni ink-jet papir tvrtke Wintech 180g/m². Ovom metodom se želi pokazati trajnost i razlika u trajnosti između originalnih i zamjenskih tinti.

Uzorci su bili pod utjecajem ksenonskog svjetla jačine 550W, ksenonska žarulja je emitirala svjetlo kroz filter za repliciranje EM zračenja u zatvorenim prostorima. Ambijentalna temperatura u komori je iznosila 60°C. Ovi uvjeti su kalibrirani od strane proizvođača komore za simulaciju uvjeta u zatvorenom prostoru na geografskoj širini na kojoj bi se proizvodi/uzorci koristili. Pri ovakvim uvjetima ubrzanog starenja dobiva se vrijednost gdje jedan sat iznosi jedan dan. Uzorci su u ovim uvjetima proveli 192 sata (8 dana). Tako su efektivno proveli 192 dana u uvjetima zatvorenog prostora. Ovdje treba napomenuti da vrlo vjerojatno uzorci ne bi pokazali rezultate koji će biti prezentirani nakon 192 dana u realnom svijetu jer se ovim testom dobila kumulativna vrijednost konstantnog izlaganja kroz 192 dana, a zatvoreni prostori u realnom svijetu nisu u toj mjeri konstantni, i ovise o mnogim drugim dinamičnim čimbenicima (oblačno vrijeme, izmjena dana i noći, promjena temperature, promjena vlage i sl.). [6]

3.3 Kolorimetrijska mjerenja

U svrhu objektivnog ispitivanja razlike uzoraka, korištena je metoda mjerenja boja spektrofotometrom. Uređaj korišten u ovom radu je X-Rite SpectroEye. Svi uzorci koji su korišteni u ovom radu sastoje se od 7 primarnih boja (CMYK + RGB). Svaka od tih boja trebala bi iznositi 100% vrijednosti. Stoga se spektrofotometrom dobiva točan iznos stvarnog rezultata nakon ispisa te koliko on odstupa od teoretske, željene vrijednosti. [5]

Sama razlika između uzoraka izrađena je pomoću formule za uspoređivanje boja CIE ΔE 2000. Cilj ove metode je eliminacija subjektivnog opisa pojedinačne boje temeljene na razlici percepcije među ljudima. Konkretno, mjeri se udaljenost boja u $L^*a^*b^*$ sustavu. $L^*a^*b^*$ sustav je sam po sebi napravljen tako da pokušava što bolje reproducirati ljudsku percepciju boja. Kroz zadnjih 40 godina CIE (Commission internationale de l'éclairage) je razvijao matematiku ove metode i kroz vrijeme razvio tri formule od kojih je danas najtočnija CIE ΔE 2000. Konačni rezultat matematičke usporedbe boja po nekoj od CIE formula jest ΔE_{00} . ΔE_{00} govori stupanj odstupanja između dviju boja. Postoji mnogo interpretacija ΔE vrijednosti. (Tablica 1) U svrhu ovoga rada koristiti ćemo sljedeću tablicu odstupanja:

Tablica 1: Odstupanja u ovisnosti ΔE

Stupanj	ΔE_{00}	Subjektivna razina odstupanja
1	0-0,5	Nezamjetno
2	0,5-1,5	Blago
3	1,5-3	Zamjetno
4	3-6	Osjetno
5	6-12	Veliko
6	12-24	Vrlo veliko
7	24- ∞	Snažno

Razlika između CIE ΔE 2000 (5) i prethodne formule poput CIE 76 je se u tome što CIE76 ne uračunava problem da ljudsko oko nije jednako osjetljivo na sve valne duljine u $L^*a^*b^*$ sustavu, pogotovo kada se radi o vrlo zasićenim bojama. Stoga je ta formula ispravljena i 1994. godine razvijena je formula CIE94 koja je unijela promjene u pogledu samog $L^*a^*b^*$ sustava. Budući da $L^*a^*b^*$ sustav prikazuje udaljenosti među bojama na linearan način, dolazi do pogreške zbog činjenice da ljudsko oko ne percipira razlike u bojama linearno. Zbog toga se u CIE94 formuli pomoću $L^*a^*b^*$ koordinata dviju boja koje želimo usporediti definira novi, $L^*C^*h^*$, sustav. Razlog za ovu promjenu dolazi upravo iz činjenice da ljudska percepcija saturacije i tona kakva je predstavljena u $L^*a^*b^*$ sustavu nije linearna. Stoga se putem a i b koordinata iz $L^*a^*b^*$ sustava izračunavaju vrijednosti C (saturacija ili kroma) (1) i h (ton) koje imaju uračunatu nejednolikost ljudske percepcije tona i saturacije. (2) [7]

$$C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$h_{ab} = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (2)$$

$$\Delta E^*_{94} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} \quad (3)$$

Iako je CIE94 (3) napredna matematička formula, ona je i dalje nije uračunavala nejednolikost ljudske percepcije. Stoga je formula CIE94 unaprijeđena sa pet dodatnih ispravaka:

1. Varijabla R_T koja bolje adresira problem percepcije u plavom području (oko 275°)
2. Kompenzacija neutralnih tonova
3. Kompenzacija za svjetlinu

4. Kompenzacija za saturaciju
5. Kompenzacija za ton

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H} \quad (4)$$

3.4 Anketa

U sklopu subjektivnog ocjenjivanja razlike u kvaliteti ispisa između originalnih i zamjenskih tinti, provedena je anketa. Za razliku od kolorimetrijskih mjerenja koja su bila provedena na uzorcima primarnih boja, u anketi se koriste ispisi realnih fotografija od kojih svaka ima neke svoje specifične značajke.

Anketa je provedena na uzorku od 43 osobe podjeljenih u dvije dobne skupine. Dobne skupine su podjeljene na: 15-35 i 36-60. Bitno je naglasiti da od 43 ispitanika, njih 37 nije stručno u području grafičkih tehnologija te odgovaraju prosječnom konzumentu.

U svrhu ovog istraživanja korišteno je pet fotografija. Svaka od tih fotografija spada u određenu kategoriju koju se želi ispitati.

- Kategorije su sljedeće:
1. Fotografija neutralnog osvjetljenja
 2. Fotografija svijetlih tonova
 3. Fotografija visoko saturiranih boja
 4. Fotografija širokog dinamičkog raspona
 5. Crno-bijela fotografija

Fotografija neutralnog osvjetljenja ima zadaću pokušati reproducirati klasičnu svakodnevnu scenu koja je podjednako osvjetljena u svim dijelovima, ekstrema praktično i nema ili zauzimaju manje od 5% površine fotografije, boje nisu pretjerano saturirane, a svjetlina se u prosjeku kreće između 30 i 60. (slika 5)

Fotografija svijetlih tonova za razliku od prethodne kategorije prvenstveno prikazuje boje i tonove čija vrijednost svjetline odnosno L^* parametar iz $L^*a^*b^*$ sustava

u prosjeku nije manji od 50. Ova kategorija fotografija pokušava ispitati kolike su razlike između originalnih i zamjenskih tinti zbog činjenice što je u kolorimetrijskom testiranju zaključeno da su zamjenske tinte mnogo svjetlije od originalnih. (slika 6)

Fotografija visoko zasićenih tonova ima zadaću ispitati kakva je subjektivna percepcija ispitanika kada je u pitanju scena širokog raspona boja koje su zasićene. Kolorimetrijskim mjerenjima je zaključeno da obje tinte imaju velikih problema kada se uspoređuju s teoretskom vrijednosti na ulazu pa se ovim putem želi ispitati da li taj manjak uzrokovan tintama utječe na sveukupnu percepciju subjekata. (slika 7)

Kod fotografije širokog dinamičkog raspona se želi ispitati da li su originalne ali i zamjenske tinte adekvatne za vjernu reprodukciju digitalnog originala. Fotografije odnosno scene širokog dinamičkog raspona sadrže mnogo ekstrema u pogledu svjetline, zasićenja i tona boja. Ovdje treba napomenuti da se ne ispituje mogućnost ispisa HDR (high dynamic range) fotografije, već se kroz vrlo dinamičnu scenu želi pokušati vjerno reproducirati digitalni original. (slika 8)

Kod crno-bijele fotografije se želi ispitati da li je CMY sustav pisača adekvatan za reprodukciju ove tehnike ili je taj problem nezaobilazan. Fotografija sadrži tamne tonove sa puno crnih ekstrema. Kao dodatak, ovdje je ispisana i treća verzija za čiji je ispis korištena crna zamjenska tinta stavljena u kolor glavu. (slika 9)

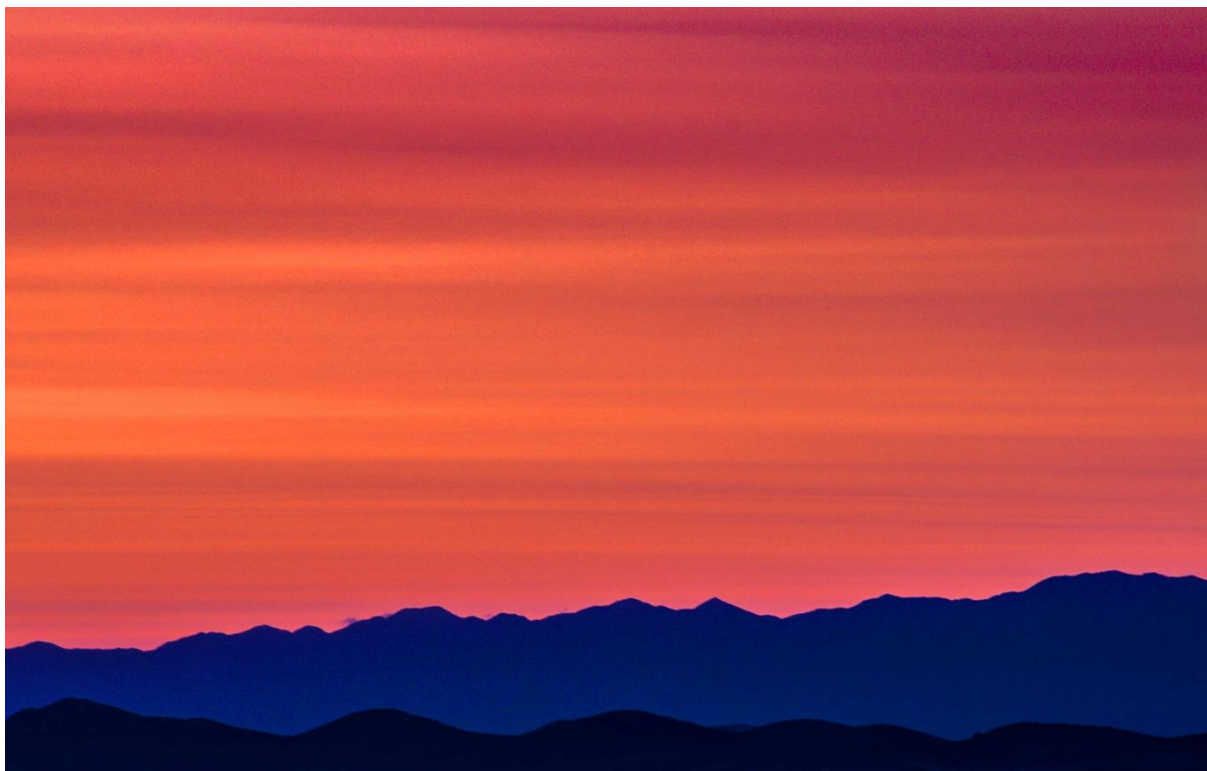
Svakom ispitaniku je pojedina fotografija prikazana na zaslonu računala kako bi mogli u kasnijem djelu usporediti kvalitetu ispisa sa različitim tintama. Kako bi se omogućilo što bolje ocjenjivanje fotografija i ispisa, ispitivanje je provedeno u kontroliranim uvjetima što podrazumjeva jednaku rasvjetu prostora i postavke zaslona računala.



Slika 5: Digitalni original fotografije neutralnog osvjetljenja



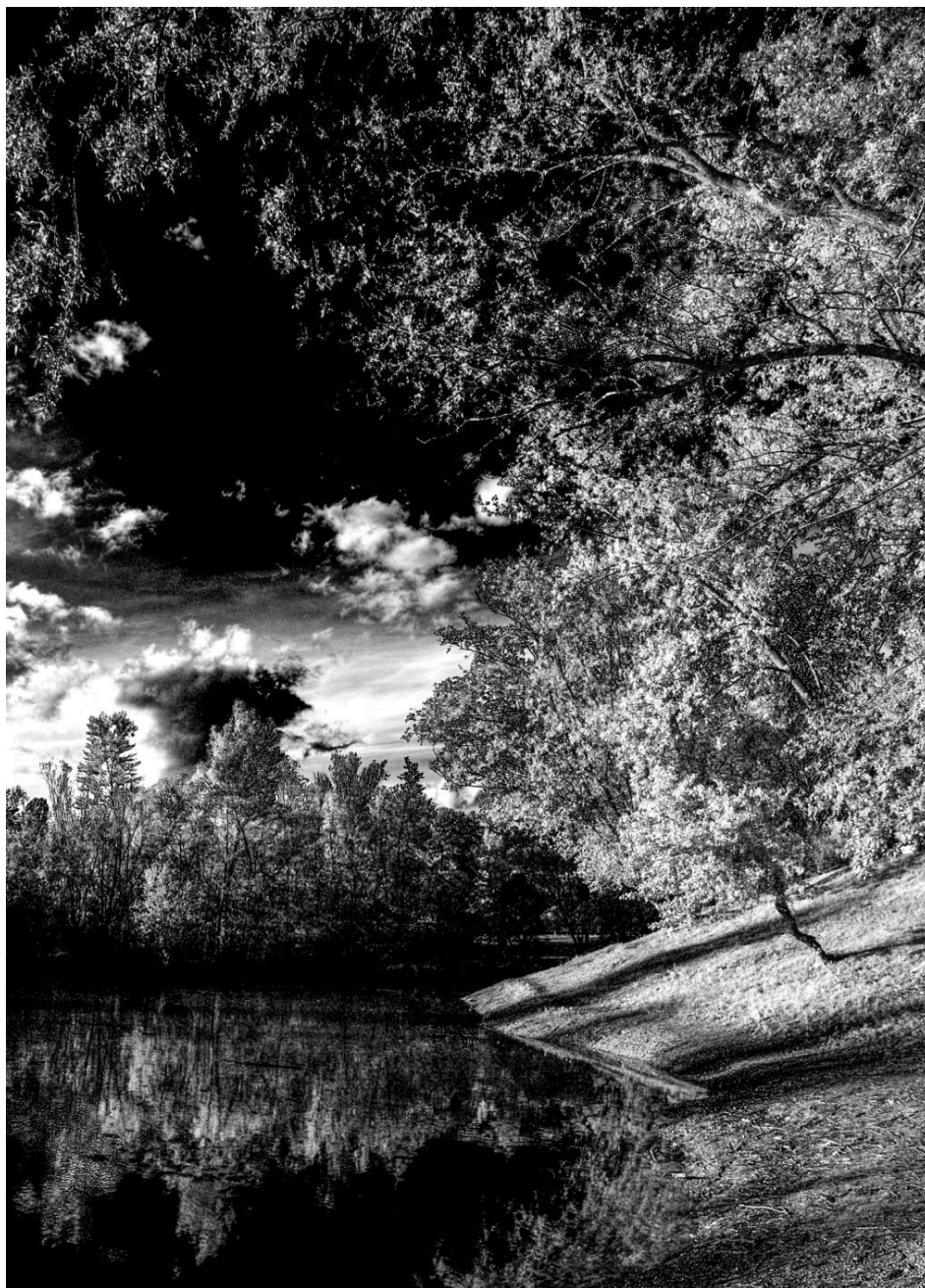
Slika 6: Digitalni original fotografije svijetlih tonova



Slika 7: Digitalni original fotografije visoko saturiranih boja



Slika 8: Digitalni original fotografije širokog dinamičkog raspona



Slika 9: Digitalni original crno bijele fotografije

Svaki ispitanik je pojedinačnu fotografiju pogledao na računalu, a nakon toga je dobio dva ispisa. Jedan papir je na sebi imao ispisanu istu fotografiju sa originalnim tintama a drugi sa zamjenskim. Nakon usporedbe ispitanik je odgovorio na pet pitanja. Ispitanici nisu upoznati s time koja je fotografija ispisana originalnim, a koja zamjenskim tintama.

Pitanja:

1. Koliko su fotografije vjerno reproducirale scenu? (1-10)
2. Jesu li fotografije adekvatno reproducirale njihove originale sa računala? (Da/Ne)
3. U međusobnoj usporedbi, koja je od fotografija kvalitetnijeg ispisa?
4. Jesu li ispisi sami po sebi dovoljno kvalitetni za upotrebu? (Da/Ne)
5. Koliko je velika razlika između ispisa? (1-10)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Sva ispitivanja su provedena na 180 g m⁻² sjajnom ink-jet papiru tvrtke Wintech.

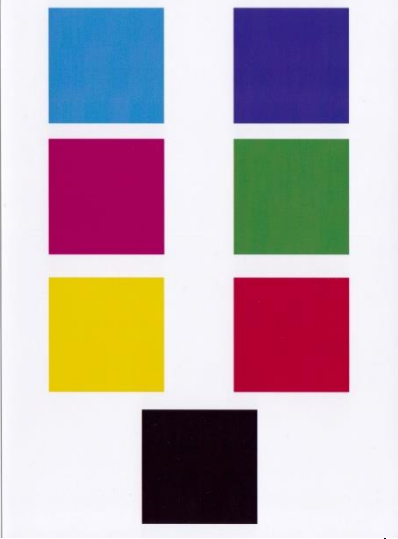


Mjerna su ispitivanja provedena na uzorcima 7 boja (CMYK i RGB) a vizualna na praktičnim uzorcima različitih fotografija. Važno je napomenuti da su ispitni uzorci printani iz tri umjesto četiri boje zbog limitacije pisača. Uzorci boja su ispitani spektrofotometrom a ispisi fotografija su korišteni u svrhe anketiranja ispitanika.

Kao što se vidi iz printanih uzoraka boja, originalne su tinte subjektivno tamnije i intenzivnije nego dvije različite zamjenske boje. (Tablica 2) Kod crne boje se vidi da originalne boje nisu dobro usklađene jer ne daju neutralni ton. Ako se pogleda uzorke napravljene pomoću tinti nabavlje preko interneta, vidi se da su sve boje puno svjetlije što znači da za razliku od originalnih boja one neće imati dobar gamut u tamnim tonovima. Na poslijetku tu su kineske boje kupljene u dućanu, zbog vrlo neusklađenih rezultata ove boje su iskorištene samo na uzorcima boja te nisu korištene u daljnjem ispitivanju niti mjerenju. (Tablica 2) Naime, njihovim miješanjem se umjesto neutralnog ili približno neutralnog tona dobiva maslinasto zeleni ton koji očito ne može biti zadovoljavajuć za reprodukciju fotografija. Na primjerima fotografija se vidi kako su generalno bolji rezultati ispisa sa originalnim tintama, no ako se radi o fotografiji na kojima prevladavaju svjetli tonovi tada i zamjenske tinte imaju zadovoljavajuće rezultate. (Tablica 2) Kod ispisa s isključivo crnom tintom se dobivaju i zanimljivi rezultati kada se printa fotografija koja je na računalu u koloru, a printer printa sa tri crne boje. Kada se ista fotografija na računalu prebaci iz kolora u grayscale, dobije se crno/bijeli ispis visoke rezolucije. (Tablica 14)



4.1 Kolorimetrijska mjerenja

U slijedećim tablicama su prikazani skenirani ispisi kako bi se što bolje dobio dojam razlike među ispisima. (Tablica 2 i 3)

Tablica 2: Kontrolni ispis pomoću tri vrste tinti

		
Kontrolni uzorak ispisan originalnim tintama	Kontrolni uzorak ispisan zamjenskim tintama	Kontrolni uzorak ispisan drugim zamjenskim tintama

Tablica 3: Kontrolni ispis nakon ubrzanog starenja

 <p>A color calibration chart featuring nine distinct color patches arranged in two columns. The left column contains patches of cyan, magenta, and yellow. The right column contains patches of blue, green, and magenta. A dark blue patch is positioned at the bottom center. The patches are printed on a light cream-colored background.</p>	 <p>A color calibration chart similar to the one on the left, but using replacement inks. The patches appear noticeably faded and less saturated compared to the original inks. The layout of the patches is identical, with cyan, magenta, and yellow on the left; blue, green, and magenta on the right; and a dark blue patch at the bottom center.</p>
<p>Kontrolni uzorak ispisan originalnim tintama nakon 192h (simulacija 6.3 mjeseca)</p>	<p>Kontrolni uzorak ispisan zamjenskim tintama nakon 192h (simulacija 6.3 mjeseca)</p>

Kao što je prethodno objašnjeno, mjerenja prva dva uzorka su provedena pomoću spektrofotometra. Mjerenja su provedena u $L^*a^*b^*$ sustavu, a formula za usporedbu boja korištena u ove svrhe je CIE ΔE 2000. (Tablica 4 – 9)

Tablica 4: Usporedba teoretske vrijednosti u odnosu na originalne tinte i njihov ΔE

	Teoretska na ulazu (L a b)	ORIGINAL (L a b)	ΔE_{00}	Razina odstupanja
C	65	59,42	6,8468	5
	-19	-10,29		Veliko
	-46	-42,42		
M	53	43,33	9,6262	5
	81	77,11		Veliko
	-6	-4,27		
Y	95	83,22	9,7412	5
	-11	0,88		Veliko
	92	88,48		
K	0	21,13	15,6506	6
	0	6,28		Vrlo veliko
	0	-3,68		
R	52	49,92	12,3022	6
	72	66,12		Vrlo veliko
	55	25,61		
G	60	52,22	8,5926	5
	-52	-41,97		Veliko
	33	22,00		
B	24	35,85	10,0652	5
	31	21,17		Veliko
	-57	-43,41		

Tablica 5: Usporedba teoretske vrijednosti u odnosu na zamjenske tinte i njihov ΔE

	Teoretska na ulazu (L a b)	ZAMJENSKA (L a b)	ΔE_{00}	Razina odstupanja
C	65	74,54	9,5231	5 Veliko
	-19	-13,47		
	-46	-29,27		
M	53	48,43	6,4584	5 Veliko
	81	70,64		
	-6	-15,46		
Y	95	88,67	8,7725	5 Veliko
	-11	-9,34		
	92	58,06		
K	0	38,63	30,215	7 Snažno
	0	12,78		
	0	-9,73		
R	52	53,52	22,9665	6 Vrlo veliko
	72	57,31		
	55	1,18		
G	60	72,02	13,1607	6 Vrlo veliko
	-52	-30,76		
	33	15,70		
B	24	54,19	27,1654	7 Snažno
	31	13,22		
	-57	-34,95		

Tablica 6: Usporedba originalnih i zamjenskih tinti

	ORIGINAL (L a b)	ZAMJENSKA (L a b)	ΔE_{00}	Razina odstupanja
C	59,42	74,54	12,9868	6
	-10,29	-13,47		Vrlo veliko
	-42,42	-29,27		
M	43,33	48,43	6,823	5
	77,11	70,64		Veliko
	-4,27	-15,46		
Y	83,22	88,67	10,4996	5
	0,88	-9,34		Veliko
	88,48	58,06		
K	21,13	38,63	15,0787	6
	6,28	12,78		Vrlo veliko
	-3,68	-9,73		
R	49,92	53,52	11,7757	5
	66,12	57,31		Veliko
	25,61	1,18		
G	52,22	72,02	17,5124	6
	-41,97	-30,76		Vrlo veliko
	22,00	15,70		
B	35,85	54,19	17,6789	6
	21,17	13,22		Vrlo veliko
	-43,41	-34,95		

Tablica 7: Usporedba originalnih i zamjenskih tinti nakon ubrzanog starenja

Nakon starenja	ORIGINAL (L a b)	ZAMJENSKA (L a b)	ΔE_{00}	Razina odstupanja
C	62,69	85,09	21,6016	6 Vrlo veliko
	-19,27	-17,13		
	-32,41	-6,39		
M	52,25	89,84	36,7656	7 Snažno
	70,07	8,14		
	-10,65	1,15		
Y	90,32	95,90	20,2728	6 Vrlo veliko
	-5,94	-0,64		
	45,94	3,78		
K	32,06	77,22	45,36	7 Snažno
	-6,42	-6,33		
	-20,07	-9,84		
R	57,35	92,07	34,2905	7 Snažno
	58,95	4,67		
	-1,31	2,27		
G	59,66	87,12	23,3652	6 Vrlo veliko
	-34,68	-14,45		
	1,69	-4,25		
B	44,75	82,60	37,4819	7 Snažno
	7,27	-13,22		
	-38,75	-7,04		

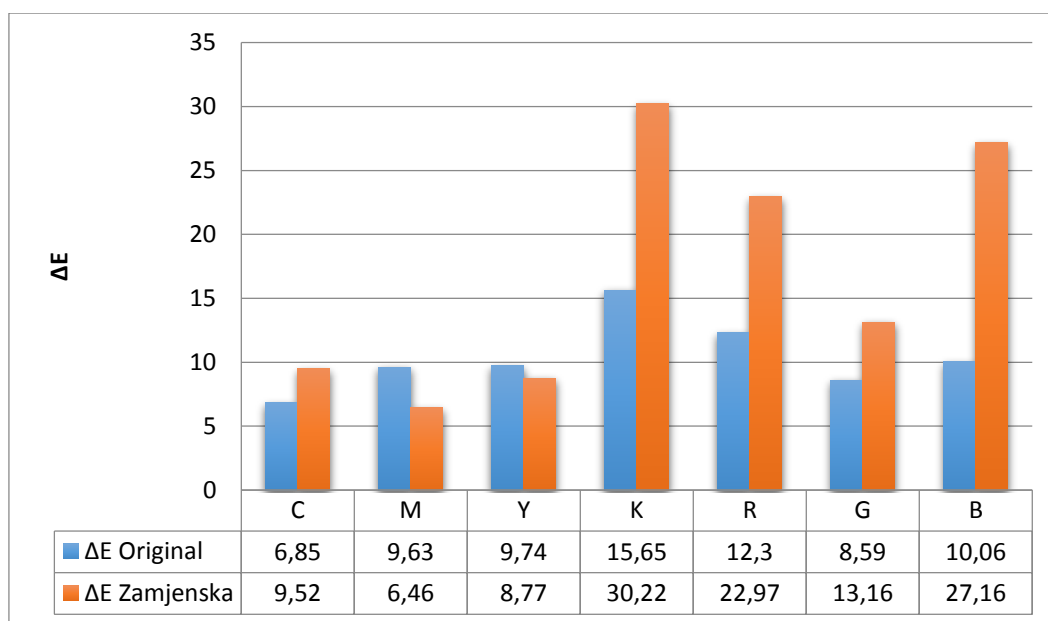
Tablica 8: Usporedba teoretske vrijednosti u odnosu na originalne tinte nakon ubrzanog starenja

	Teoretska na ulazu (L a b)	ORIGINAL Nakon starenja (L a b)	ΔE_{00}	Razina odstupanja
C	65	62,69	4,9899	4 Osjetno
	-19	-19,27		
	-46	-32,41		
M	53	52,25	3,3227	4 Osjetno
	81	70,07		
	-6	-10,65		
Y	95	90,32	11,5911	5 Veliko
	-11	-5,94		
	92	45,94		
K	0	32,06	25,938	7 Snažno
	0	-6,42		
	0	-20,07		
R	52	57,35	24,5777	7 Snažno
	72	58,95		
	55	-1,31		
G	60	59,66	15,1176	6 Vrlo veliko
	-52	-34,68		
	33	1,69		
B	24	44,75	19,2175	6 Vrlo veliko
	31	7,27		
	-57	-38,75		

Tablica 9: Usporedba teoretske vrijednosti u odnosu na zamjenske tinte nakon ubrzanog starenja

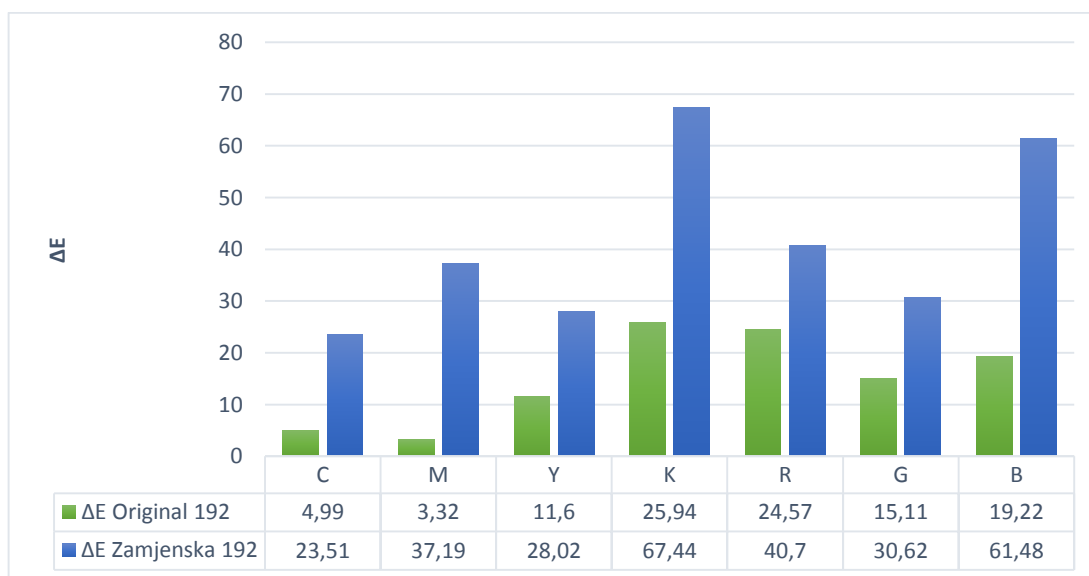
	Teoretska na ulazu (L a b)	ZAMJENSKA Nakon starenja (L a b)	ΔE_{00}	Razina odstupanja
C	65	85,09	23,5097	6
	-19	-17,13		Vrlo veliko
	-46	-6,39		
M	53	89,84	37,1895	7
	81	8,14		Snazno
	-6	1,15		
Y	95	95,90	28,0226	7
	-11	-0,64		Snazno
	92	3,78		
K	0	77,22	67,439	7
	0	-6,33		Snazno
	0	-9,84		
R	52	92,07	40,707	7
	72	4,67		Snazno
	55	2,27		
G	60	87,12	30,6254	7
	-52	-14,45		Snazno
	33	-4,25		
B	24	82,60	61,4749	7
	31	-13,22		Snazno
	-57	-7,04		

Kao što se vidi iz priloženih tablica, odstupanja su u prosjeku velika i vrlo velika a u nekim slučajevima i snažna. (Tablica 9) No, treba napomenuti da se ovdje radi o nekalibriranom sustavu koji je prvenstveno namijenjen za kućnu upotrebu. Iz ovih podataka se jasno može isčitati da originalne boje imaju najmanje problema i da su odstupanja u odnosu na teoretske vrijednosti na ulazu puno manje, a po pojedinačnim kanalima vrijednosti su konzistentne.



Slika 10: Odnos ΔE_{00} za originalne i zamjenske tinte u odnosu na teoretsku vrijednost

Ta konzistentnost najviše dolazi do izražaja prilikom ubrzanog starenja. U tom slučaju originalne boje su puno otpornije i kvalitetnije u odnosu na zamjenske. (Slika 10)



Slika 11: Odnos ΔE_{00} za originalne i zamjenske tinte nakon 192 dana u odnosu na teoretsku vrijednost

Kada se govori o pojedinačnim kanalima, može se primjetiti da su i kod originalnih i kod zamjenskih tinti najveća odstupanja kod crne boje a najmanja kod cijane i magente. (Tablica 4 i 5) Glavni problem ovog pisača je dakako ispis u boji pomoću tri boje umjesto četiri. Zbog toga se sva odstupanja u primarnim kanalima (CMY) kasnije višestruko povećavaju. Iz drugog grafikona se može vidjeti i pojava anomalije koja se odnosi na C i M kanal gdje je odstupanje u odnosu na teoretsku vrijednost nakon ubrzanog starenja manje nego nakon svježeg ispisa prije starenja. (Slika 11)

U pogledu razlike između originalnih i zamjenskih tinti nakon ispisa, odstupanja su i dalje velika ili vrlo velika. (Tablica 6) Glavna razlika se očituje u razini svjetline odnosno L kanalu $L^*a^*b^*$ sustava. To znači da zamjenske tinte nisu adekvatne za ispis fotografija koje imaju širok dinamički raspon odnosno sadrže mnoge ekstremne vrijednosti. Također, razlika će biti manja na onim fotografijama koje se nalaze unutar gamuta obiju tinti, a to su najčešće svijetlije fotografije. Kada bi se u ispis dodala još i četvrta standardna komponenta crne boje, može se pretpostaviti da bi se ispis u oba slučaja drastično poboljšao.

Slučaj u kojemu originalne tinte sasvim pokazuju svoju superiornost naspram zamjenskih je u testu ubrzanog starenja. Zamjenske tinte nakon samo 192 dana odnosno 6.3 mjeseci, potpuno gube svoja svojstva a ispisi postaju praktički neupotrebljivi. Žuti kanal potpuno nestaje a ostali izbljeđuju do potpune neprepoznatljivosti. (Tablica 7, 8 i 9)

Iako su zamjenske tinte uglavnom neadekvatne za ispis fotografija na sjajnom papiru, one imaju relativno visoku upotrebljivost ako se ispisuje na običan uredski upojni papir. Budući da klasičan 80 gramski papir nije namijenjen ispisu visoke rezolucije a sadržaj koji se ispisuje na takav papir većinom sadrži tekst i ilustracije, zamjenske tinte u tom slučaju mogu zamijeniti originalne. Štoviše, u ovom slučaju printer može koristiti i crnu tintu jer se tada pigment upija u upojnu strukturu papira a ne ostaje na površini receptorskog sloja.

4.2 Rezultati ankete

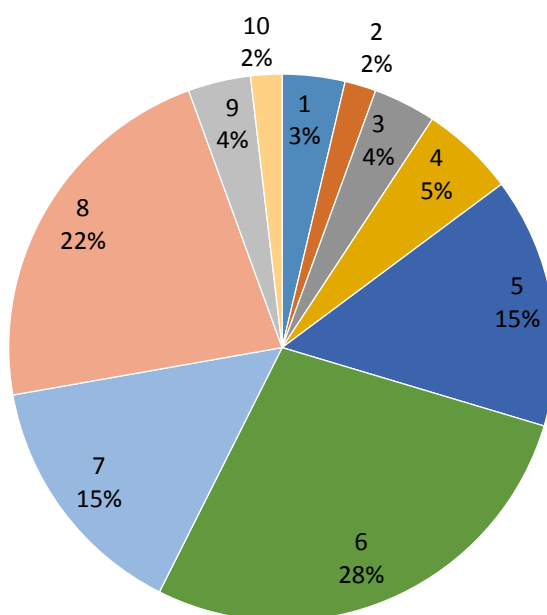
4.2.1 Fotografija neutralnih tonova

Fotografije prikazane u tablici prikazuju skenirane fotografije neutralnih tonova ispisane originalnim i zamjenskim tintama. (Tablica 10)

Tablica 10: Skenirane fotografije neutralnih tonova

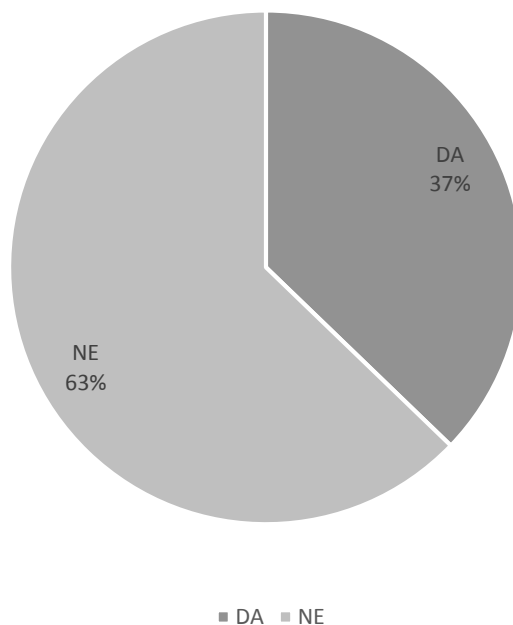
	
Fotografija ispisana original Canon bojama	Fotografija ispisana zamjenskim tintama
Ovaj primjer prikazuje scenu relativno malog dinamičkog raspona pa su ispisi relativno usklađeni.	

Koliko su fotografije vjerno reproducirale scenu?



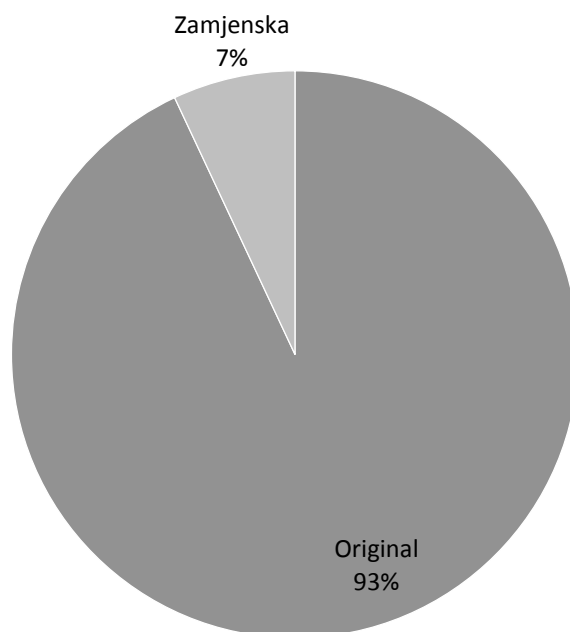
Slika 10: Grafički prikaz rezultata vjernosti reproduciranja scene

Jesu li fotografije adekvatno reproducirale njihove originale sa računala?



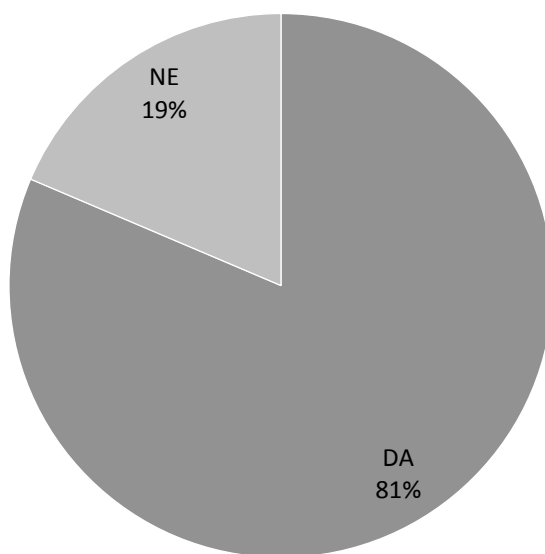
Slika 11: Grafički prikaz rezultata u usporedbi sa prikazom na zaslonu računala

U međusobnoj usporedbi, koja je od fotografija kvalitetnijeg ispisa?



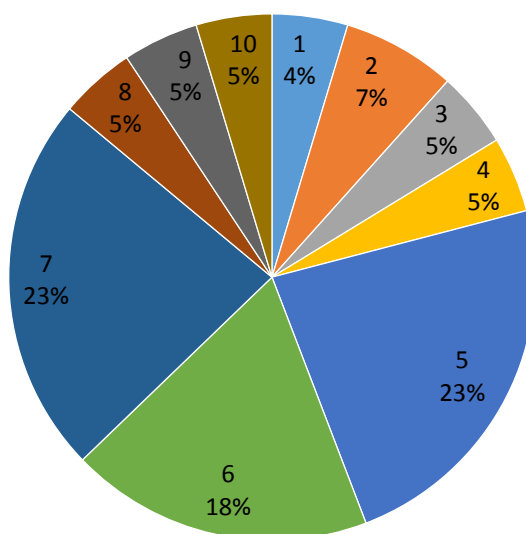
Slika 12: Grafički prikaz rezultata međusobne usporedbe ispisa

Jesu li ispisi sami po sebi dovoljno kvalitetni za upotrebu?



Slika 13: Grafički prikaz rezultata na mišljenje o kvaliteti ispisa

Koliko je velika razlika između ispisa?





Slika 4: Grafički prikaz rezultata na pitanje o razlici među ispisima

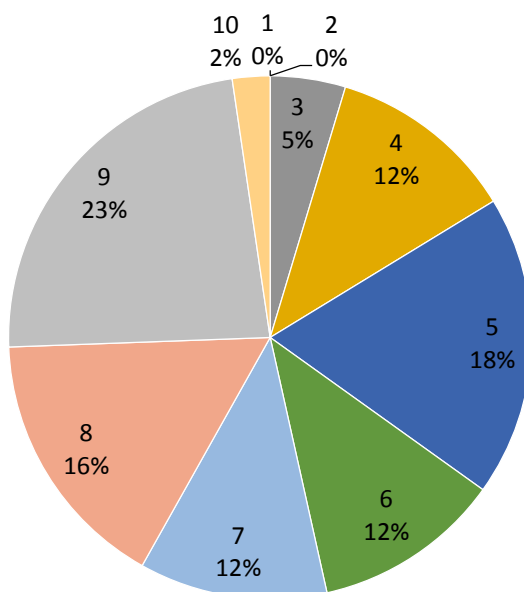
4.2.2 Fotografija svijetlih tonova

Fotografije prikazane u tablici prikazuju skenirane fotografije svijetlih tonova ispisane originalnim i zamjenskim tintama. (Tablica 11)

Tablica 21: Skenirane fotografije svijetlih tonova

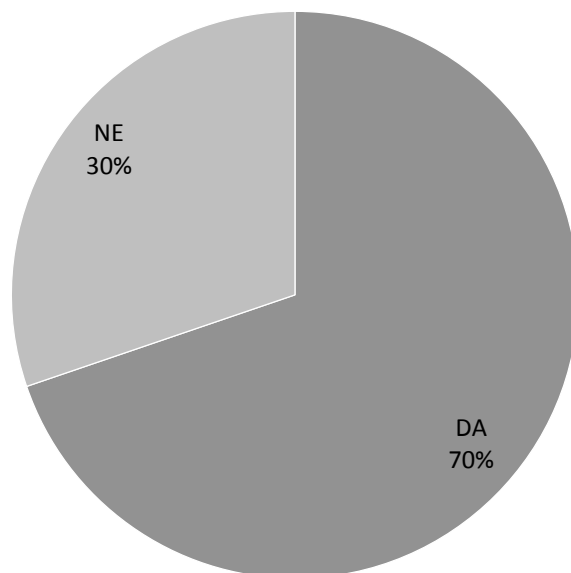
	
Fotografija ispisana original Canon bojama	Fotografija ispisana zamjenskim tintama
Ovdje se radi o fotografiji na kojoj se pretežito nalaze svjetli tonovi. U takvim uvjetima zamjenske tinte daju bolje rezultate nego kod tamnih fotografija	

Koliko su fotografije vjerno reproducirale scenu?



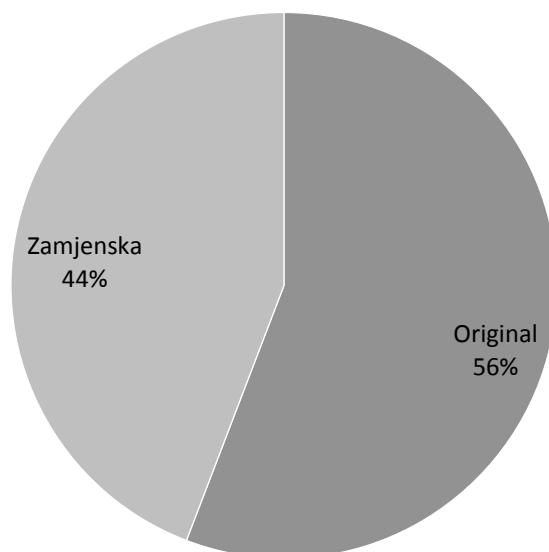
Slika 15: Grafički prikaz rezultata vjernosti reproduciranja scene

Jesu li fotografije adekvatno reproducirale njihove originale sa računala?



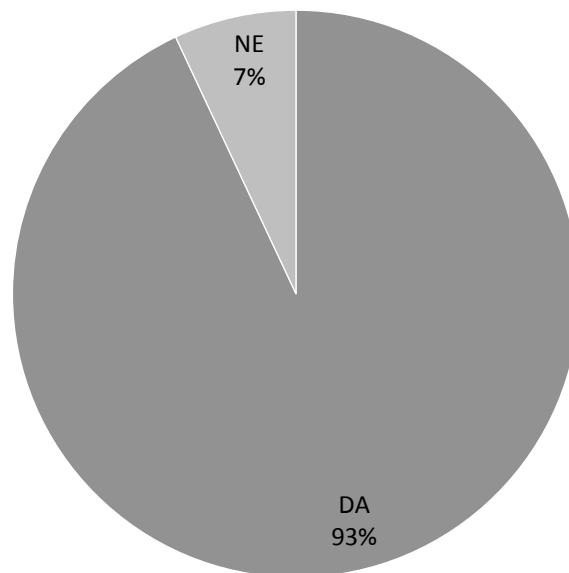
Slika 16: Grafički prikaz rezultata u usporedbi sa prikazom na zaslonu računala

U međusobnoj usporedbi, koja je od fotografija kvalitetnijeg ispisa?



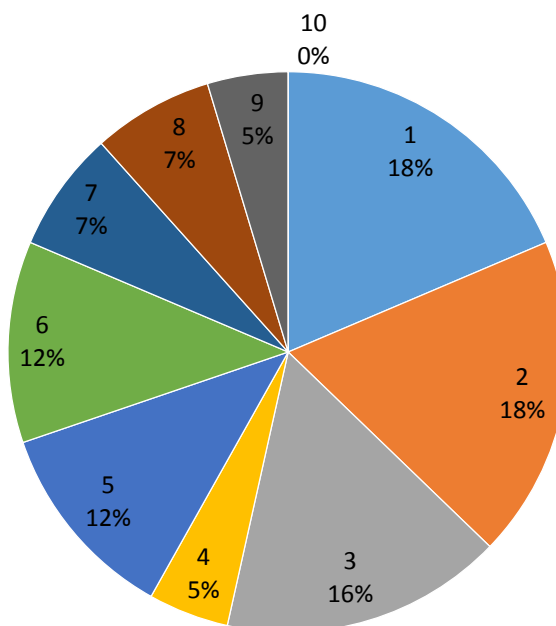
Slika 17: Grafički prikaz rezultata međusobne usporedbe ispisa

Jesu li ispisi sami po sebi dovoljno kvalitetni za upotrebu?



Slika 18: Grafički prikaz rezultata na mišljenje o kvaliteti ispisa

Koliko je velika razlika između ispisa?

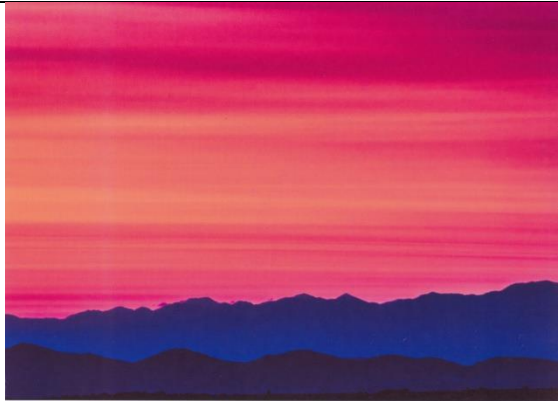
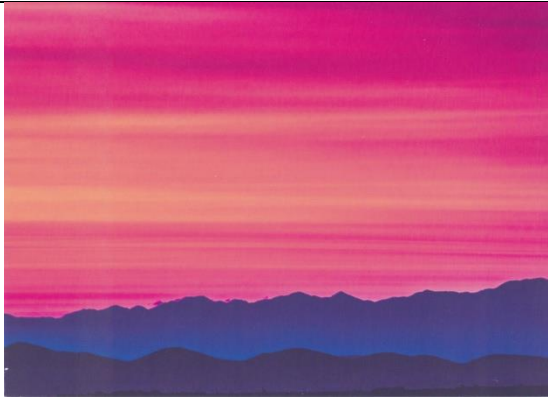


Slika 19: Grafički prikaz rezultata na pitanje o razlici među ispisima

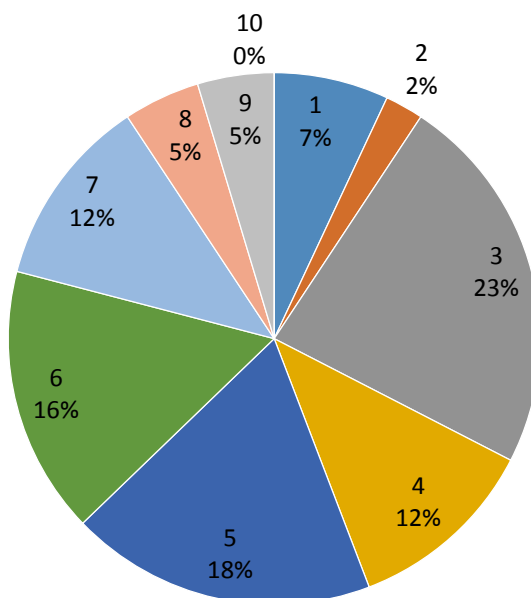
4.2.3 Fotografija visoko saturiranih boja

Fotografije prikazane u tablici prikazuju skenirane fotografije svijetlih tonova ispisane originalnim i zamjenskim tintama. (Tablica 12)

Tablica 12: Skenirane fotografije svijetlih tonova

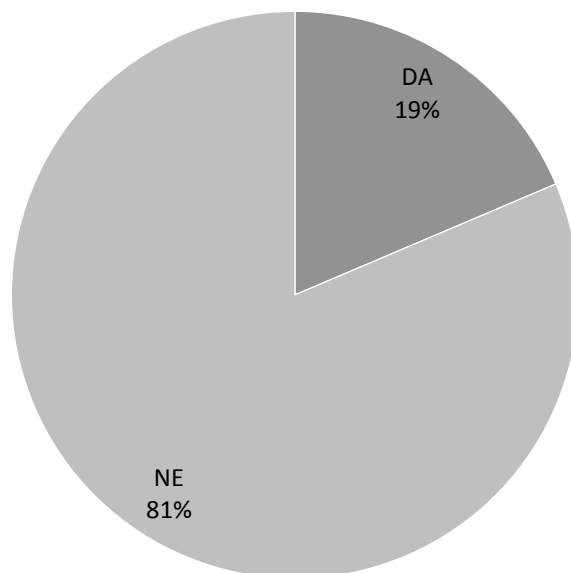
	
Fotografija ispisana original Canon bojama	Fotografija ispisana zamjenskim tintama
Na ovom primjeru se vidi manjak performansi zamjenskih boja kod visoko saturiranih boja.	

Koliko su fotografije vjerno reproducirale scenu?



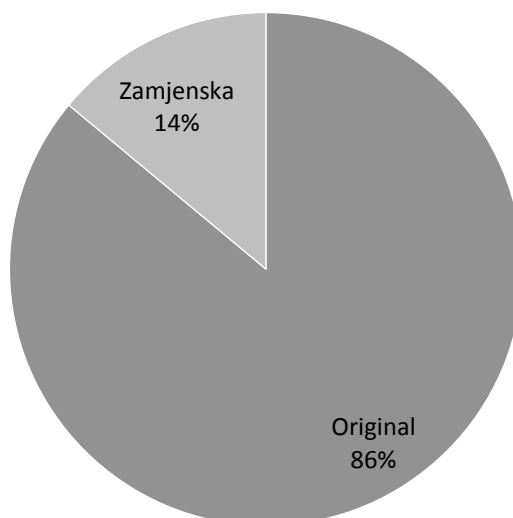
Slika 20: Grafički prikaz rezultata vjernosti reproduciranja scene

Jesu li fotografije adekvatno reproducirale njihove originale sa računala?



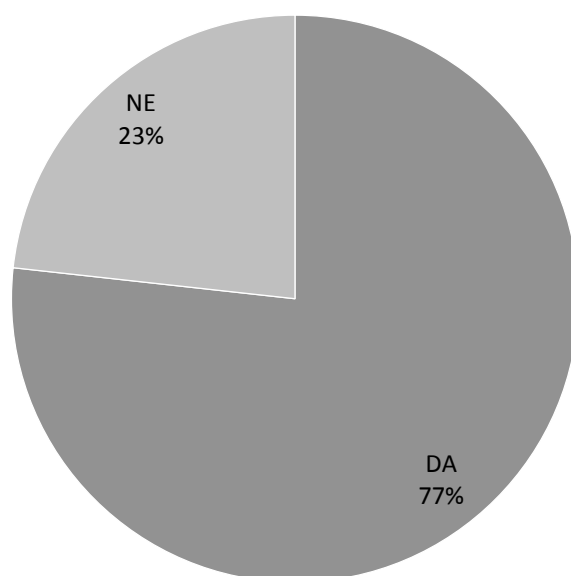
Slika 21: Grafički prikaz rezultata u usporedbi sa prikazom na zaslonu računala

U međusobnoj usporedbi, koja je od fotografija kvalitetnijeg ispisa?



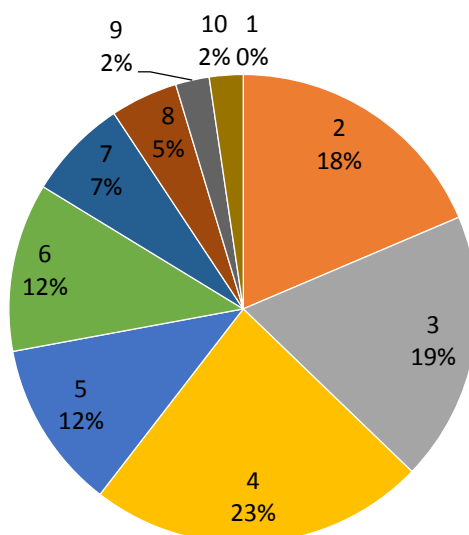
Slika 22: Grafički prikaz rezultata međusobne usporedbe ispisa

Jesu li ispisi sami po sebi dovoljno kvalitetni za upotrebu?



Slika 23: Grafički prikaz rezultata na mišljenje o kvaliteti ispisa

Koliko je velika razlika između ispisa?



Slika 24: Grafički prikaz rezultata na pitanje o razlici među ispisima

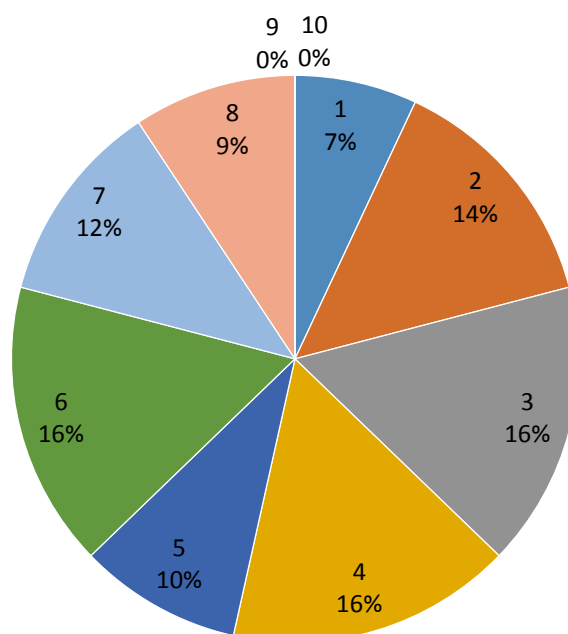
4.2.4 Fotografija širokog dinamičkog raspona

Fotografije prikazane u tablici prikazuju skenirane fotografije širokog dinamičkog raspona ispisane originalnim i zamjenskim tintama. (Tablica 13)

Tablica 13: Skenirane fotografije širokog dinamičkog raspona

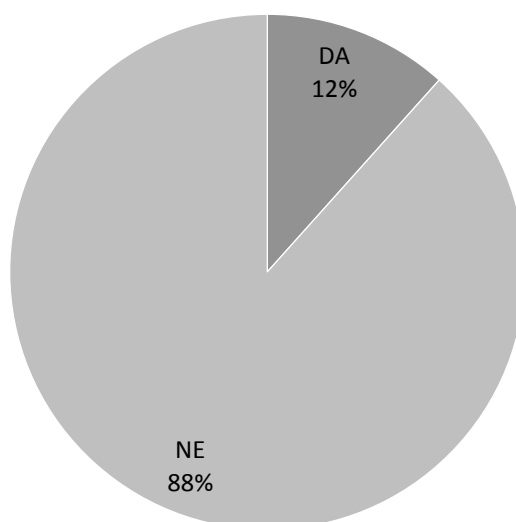
	
Fotografija ispisana original Canon bojama	Fotografija ispisana zamjenskim tintama
Budući da se ovdje radi o pretežito tamnoj fotografiji a scena je širokog dinamičkog raspona, razlika u kvaliteti ispisa je očita. Kao što je objašnjeno u kolorimetrijskim mjerenjima zamjenske tinte su same po sebi svjetlije te nisu adekvatne za reprodukciju tamnijih tonova.	

Koliko su fotografije vjerno reproducirale scenu?



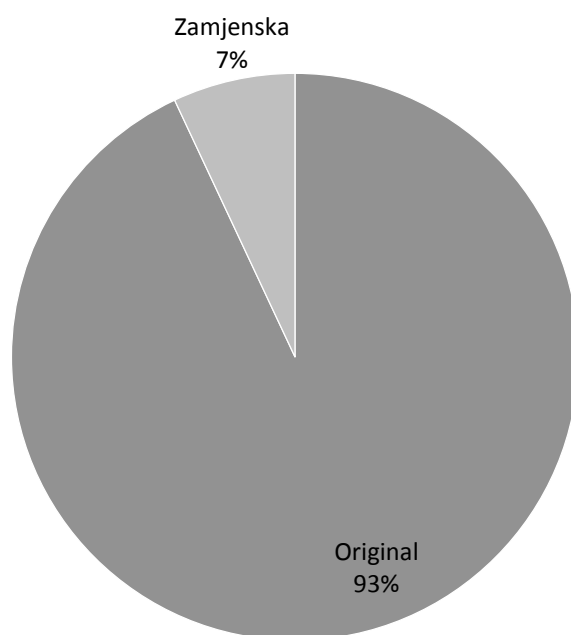
Slika 25: Grafički prikaz rezultata vjernosti reproduciranja scene

Jesu li fotografije adekvatno reproducirale njihove originale sa računala?



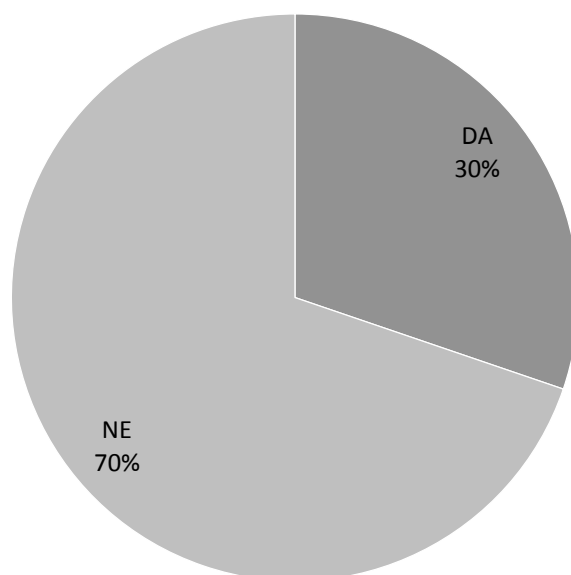
Slika 26: Grafički prikaz rezultata u usporedbi sa prikazom na zaslonu računala

U međusobnoj usporedbi, koja je od fotografija kvalitetnijeg ispisa?



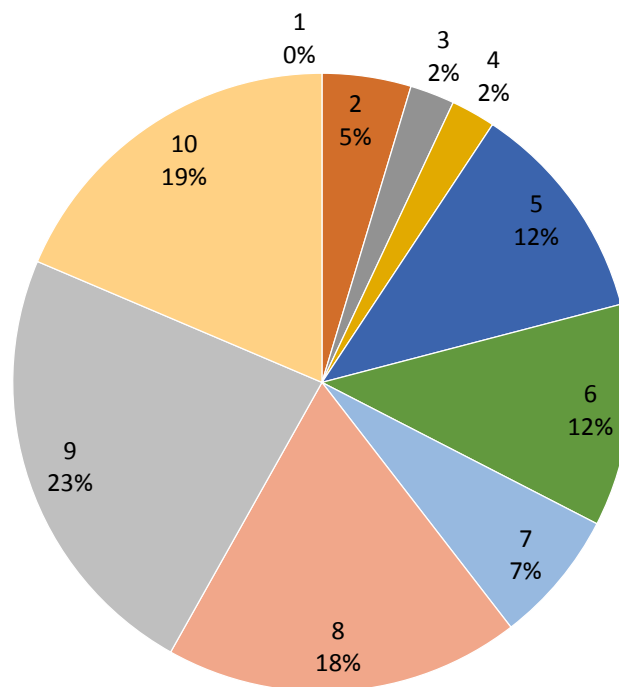
Slika 27: Grafički prikaz rezultata međusobne usporedbe ispisa

Jesu li ispisi sami po sebi dovoljno kvalitetni za upotrebu?



Slika 28: Grafički prikaz rezultata na mišljenje o kvaliteti ispisa

Koliko je velika razlika između ispisa?

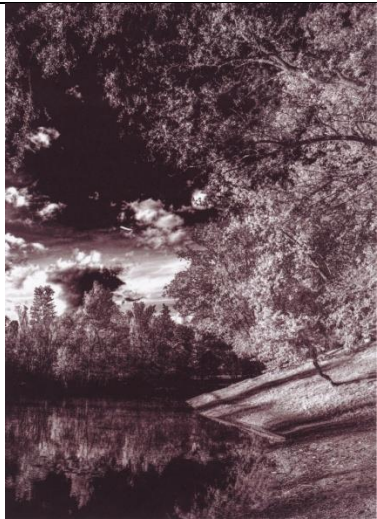
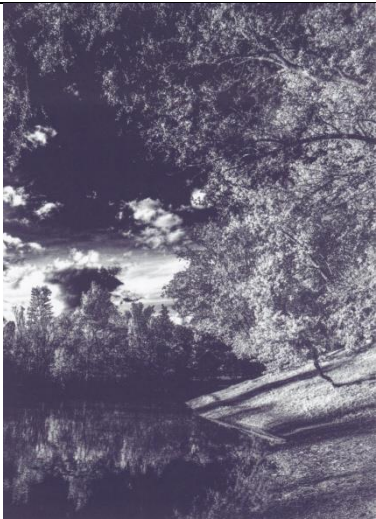
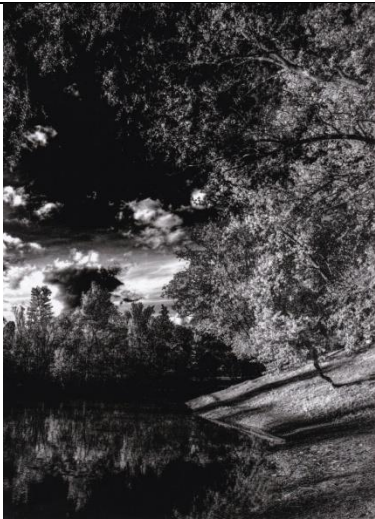


Slika 29: Grafički prikaz rezultata na pitanje o razlici među ispisima

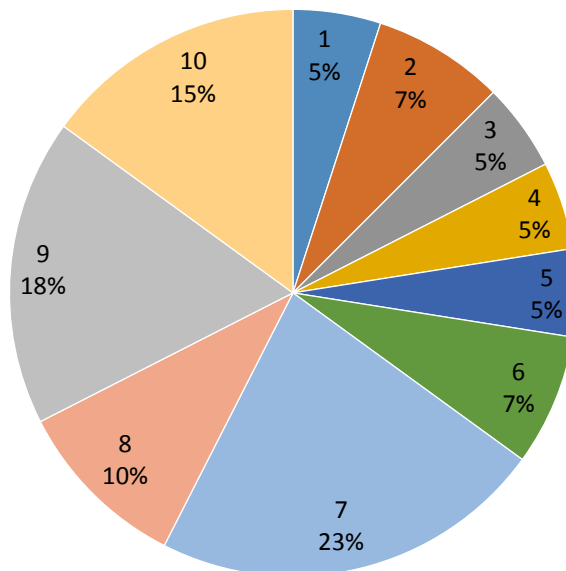
4.2.5 Crno bijela fotografija

Fotografije prikazane u tablici prikazuju skenirane crno bijele fotografije ispisane originalnim i zamjenskim tintama te naknadno crnom tintom koja je stavljena u kolor glavu. (Tablica 14)

Tablica 14: Skenirane crno bijele fotografije

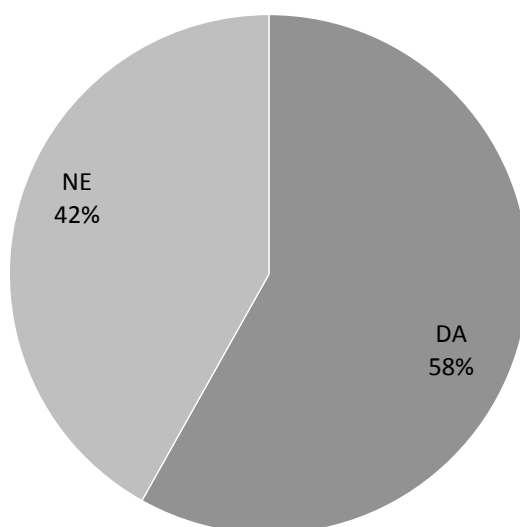
		
Fotografija ispisana original Canon tintama	Fotografija ispisana zamjenskim tintama	Fotografija ispisana kolor glavom u koju je stavljena zamjenska crna tinta
Kao što je gore navedeno, problem što pisač dobiva crnu boju pomoću kolor glave i tri primarne tinte (CMY) to rezultira vrlo niskom kvalitetom ispisa kada je riječ o C/B fotografijama. Na ovom primjeru se najbolje vidi veća usklađenost tonova boja kod zamjenskih tinti.		

Koliko su fotografije vjerno reproducirale scenu?



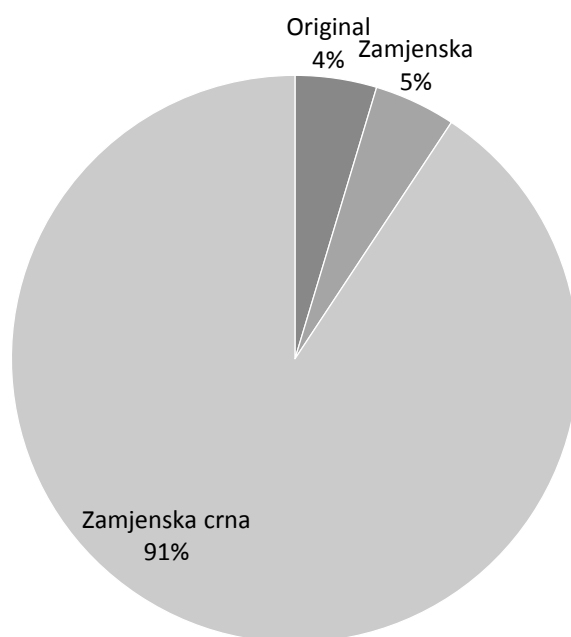
Slika 30: Grafički prikaz rezultata vjernosti reproduciranja scene

Jesu li fotografije adekvatno reproducirale njihove originale sa računala?



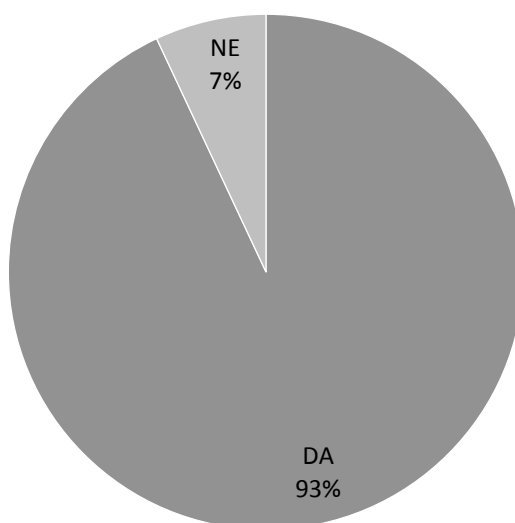
Slika 31: Grafički prikaz rezultata u usporedbi sa prikazom na zaslonu računala

U međusobnoj usporedbi, koja je od fotografija kvalitetnijeg ispisa?



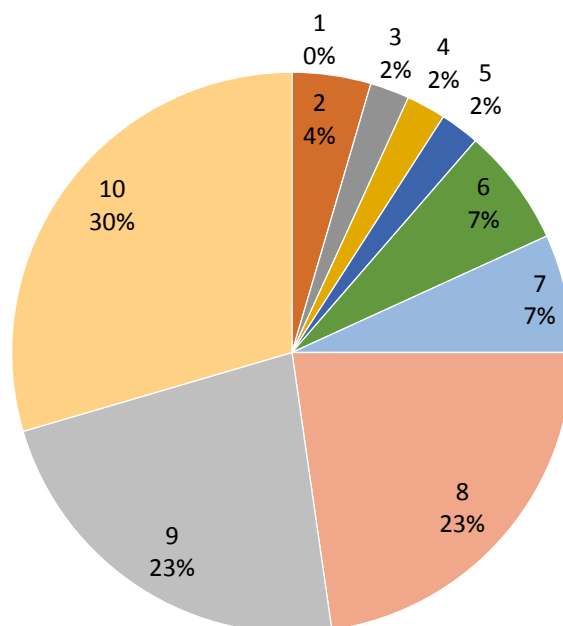
Slika 32: Grafički prikaz rezultata međusobne usporedbe ispisa

Jesu li ispisi sami po sebi dovoljno kvalitetni za upotrebu?



Slika 33: Grafički prikaz rezultata na mišljenje o kvaliteti ispisa

Koliko je velika razlika između ispisa?



Slika 34: Grafički prikaz rezultata na pitanje o razlici među ispisima

4.3 Rasprava rezultata ankete

Rezultati ankete provedeni na 43 ispitanika daju uvid u razliku između kolorimetrijskog mjerenja i percepcije prosječnog korisnika. Iako su kolorimetrijska odstupanja govorila u većini slučajeva o velikim i vrlo velikim odstupanjima, u praksi su ispitanici razlike u ispisima doživljavali puno blaže. Najveća razlika u ispisu je u slučaju reprodukcije fotografija širokog dinamičkog raspona. (Slika 26) U tom slučaju zamjenske tinte nemaju potreban gamut kako bi adekvatno reproducirale sve tonove koji se nalaze u takvim fotografijama. Crno bijele fotografije su također problematične za ispis, ne samo sa zamjenskim tintama nego i originalne tinte imaju problema sa reprodukcijom tonova, pogotovo zbog činjenice da originalne tinte umjesto neutralnog tona daju blago crvenkasti ton kada se pomiješaju u pravilnom omjeru. (Slika 32) Najmanja razlika se javlja u slučaju fotografija neutralnih tonova i fotografija svijetlih tonova. U tom slučaju su ispitanici dali prednost originalnim tintama ali u puno manjem postotku nego što su ocijenili ostale fotografije. Fotografija saturiranih tonova je također dala bolje rezultate ako se ispisivala originalnim tintama ali opet u manjem postotku nego li ostale. (Slika 22)

5. ZAKLJUČAK

Iz priloženih ispisanih primjeraka se može zaključiti da za najkvalitetniji ispis valja koristiti originalne tinte, no pretpostavka je da bi se dovoljno dugim potraživanjem i isprobavanjem moglo naći što manje, što više, kvalitetne ink-jet tinte. Ne smije se zanemariti ni činjenica da svi printeri imaju mogućnost podešavanja ispisa u smislu kontrasta, svjetline i temperature. To ne zamjenjuje gamut određenih tinti nego omogućava da se i sa lošijim tintama mogu dobiti i adekvatni rezultati. U svijetu uredskog i kućnog ispisa ako je riječ o ispisivanju tekstova u smislu seminara, referata, diplomskih, završnih i nekih drugih radova na običnom uredskom papiru tada se može reći da su zamjenske boje dovoljno dobre da obave posao jer su višestruko jeftinije od originalnih tinti te omogućavaju ispis velikog broja stranica za puno manje novaca. Zamjenske tinte su naspram originalnih ekološki prihvatljivije jer se ne troši nepotrebno materijal na spremnike i glave koji se kasnije bacaju. U smislu praktičnosti korisnik eventualno zbog manjka spretnosti ili vremena može imati problema sa primjenom ovakvih tinti.

U kolorimetrijskim mjerenjima se vidi da su odstupanja velika, vrlo velika a u nekim slučajevima i snažna. Ovi podaci se mogu vrlo lako protumačiti kako niti zamjenske niti originalne tinte nisu adekvatne za ispis fotografija. No rezultati ankete govore drugačije. Većina ispisa fotografija je zadovoljila u nekoj mjeri svoj cilj u kvaliteti ispisa. Naravno, postoje situacije u kojima obje kombinacije tinti daju loše rezultate. To su dakako crno bijela fotografija i fotografija scene širokog dinamičkog raspona. Zbog manjka ispisa pomoću četvrte, crne tinte, kombinacija primarnih CMY tinti jednostavno nema potreban gamut za ispis takvih fotografija. Taj manjak gamuta se osjeti i kod drugih ispisa ali u manjoj mjeri jer se određene scene koje se žele ispisati nalaze unutar gamuta CMY tinti.

Najveći problem imaju zamjenske tinte u pogledu svjetlostalnosti. Zamjenske tinte korištene u ovom radu vrlo brzo izbljeđuju do neprepoznatljivosti i jednostavno postaju potpuno neupotrebljive i beskorisne za prikaz. Naročito u žutom djelu spektra, on potpuno nestaje. Jednim dijelom to može biti uzrokovano i manjkom kvalitete receptorskog sloja na papiru, no u tom slučaju se originalne tinte su puno bolje ponašaju i neusporedivo manje gube performanse naspram zamjenskih.

6. LITERATURA

1. *** <http://printscan.about.com/od/printerscannertypes/> 17.8.2014
2. *** <http://www.inkguides.com/printers-ink.asp> 17.8.2014
3. *** <http://www.castleink.com/category/303/All-About-Inkjet-Printer-Paper.html?language=en> 21.8.2014
4. *** http://en.wikipedia.org/wiki/Inkjet_printing 21.8.2014
5. Mihaljek Z., (2013). *Razlika u kvaliteti ispisa kod ink-jet pisača pri uporabi originalnih i zamjenskih tinti*, Zbornik radova od 17. međunarodne konferencije tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija, ISSN 1848-6142, Senj, listopad 2013, Hrvatsko društvo grafičara, Senj.
6. *** <http://www.cofomegra.it/default.aspx?mid=11027> 7.6.2014
7. *** <http://colormine.org/delta-e-calculator/cie2000> 9.9.2014